

GENTOFTE KOMMUNE

KYSTTEKNISK UNDERSØGELSE

LØSNINGSKATALOG

Dato: 2026-06-08



PROJEKTAVERN:	KYSTTEKNISK UNDERSØGELSE
---------------	--------------------------

WSP projektnr.:	22006598, 22006728
Kundens projektnr.:	-
Projektleder:	CHHE
Udarbejdet af:	CEKR, SEWE, MAFR, CHHE
Kvalitetssikret af:	CHHE, NASK, MBI
Godkendt af:	LESC

INDHOLD

1	INDLEDNING	5
2	SAMMENFATNING	6
2.1	DESIGNBASIS OG SIKRINGSNIVEAU	6
2.2	TYPER AF KYSTBESKYTTELSESLØSNINGER	6
2.3	VURDERING AF LØSNINGERNE	7
2.4	KYSTBESKYTTELSESTRATEGI	8
2.5	KYSTBESKYTTELSESTILTAG PÅ KORT SIGT	8
2.6	TIDS- OG PROCESPLAN	8
3	DESIGNBASIS OG SIKRINGSNIVEAU	10
3.1	SIKRINGSNIVEAU	10
3.2	ANBEFALET DESIGNVANDSTAND	11
3.3	SAMMENLIGNING MED DESIGNVANDSTANDE FOR HOVEDSTADSOMRÅDET	12
3.4	DESIGNFORUDSÆTNINGER FOR LØSNINGSKATALOGET	12
4	KYSTBESKYTTELSESLØSNINGER	14
4.1	INDLEDNING	14
4.2	TYPE 01 - FORHØJELSE AF EKSISTERENDE MURE	14
4.3	TYPE 02 - FORHØJELSE AF EKSISTERENDE BETONMURE MED STRAND FORAN	17
4.4	TYPE 03 - NYE SPUNSMURE	20
4.5	TYPE 04 - NYE SPUNSMURE OG STRAND FORAN	23
4.6	TYPE 05 - SKRÅNINGSBESKYTTELSE	26
4.7	TYPE 06 - SKRÅNINGSBESKYTTELSE OG STRAND FORAN	29
4.8	TYPE 07 - DIGE OG STRAND FORAN	33
4.9	TYPE 08 - FREMSKUDT BARRIEREØ MED DIGE OG SKRÅNINGSBESKYTTELSE	37
4.10	TYPE 09 - FREMSKUDT BARRIEREØ MED DIGE OG STRAND FORAN	40
4.11	HØFDER VED ANLÆG AF STRAND	44
4.12	STRANDØER VED ANLÆG AF STRAND	47
4.13	TOPKOTER AF KYSTBESKYTTELSESLØSNINGER	50
4.14	ADAPTIV TILGANG TIL KYSTBESKYTTELSE	52
4.14.1	Eksempel 1: Nye spunsmure	53
4.14.2	Eksempel 2: Skråningsbeskyttelse med strand foran	54
4.14.3	Eksempel 3: Fremskudt barriereø med strand foran	55

5	ANLÆGSOVERSLAG.....	56
6	MULTIKRITERIEANALYSE AF KYSTBESKYTTELSESLØSNINGER.....	59
7	KYSTBESKYTTELSESSTRATEGI.....	62
7.1	7.2 KYSTPLANLÆGNING	62
7.2	TUBORG HAVN	65
7.3	OMRÅDET VED MARIEVEJ	65
7.4	HELLERUP HAVN	65
7.5	OMRÅDET VED ONSGÅRDSVEJ.....	66
7.6	OMRÅDET VED RICHELIEUS ALLÉ	66
7.7	OMRÅDET VED CHARLOTTENLUND STRANDPARK.....	66
7.8	KYSTVEJEN	67
7.9	SKOVSHOVED HAVN	67
7.10	BELLEVUE STRAND	68
8	KYSTBESKYTTELSESTILTAG PÅ KORT SIGT	69
9	TIDS- OG PROCESPLAN.....	71
10	REFERENCER.....	73

1 INDLEDNING

Kysttekniske undersøgelser har vist, at nuværende kystbeskyttelse i Gentofte Kommune i mange tilfælde ikke er tilstrækkelig til at beskytte baglandet mod oversvømmelse på kort eller lang sigt i forbindelse med ekstreme stormfloder (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026).

Gentofte Kommune har derfor bedt WSP udarbejde et løsningskatalog for kystbeskyttelse i Gentofte Kommune for at øge beskyttelsen af hele området. Løsningskataloget er udviklet ud fra de kysttekniske analyser og anbefalinger til designbasis, der er udarbejdet som en del af den kysttekniske undersøgelse for Gentofte Kommune (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026).

Som det fremgår af den kysttekniske undersøgelse, anbefaler WSP, at fremtidig kystbeskyttelse som minimum projekteres til at modstå en 500 års stormflodshændelse i år 2075. Det anbefales, at kystbeskyttelsen skal være adaptiv og derved skal kunne forhøjes og forstærkes på sigt.

I dette løsningskatalog er der, med udgangspunkt i det valgte beskyttelsesniveau, udarbejdet skitseprojektering for en række kystbeskyttelsesløsninger, herunder overordnede dimensioner, materialer samt indledende anlægsoverslag. Løsningerne er skitseret med udgangspunkt i kystprofilet ved Riche-lieus Allé, men vil principielt kunne overføres til andre områder langs kommunens kyst.

WSP anbefaler, at der gennemføres et kommunalt fællesprojekt for kystbeskyttelsen af hele kommunen hurtigst muligt.

2 SAMMENFATNING

Nærværende rapport beskriver mulige typer af løsninger for kystbeskyttelse ved Gentoftes kyst. Løsningskataloget er ikke et udtømmende bud på løsninger, men peger på de mest gængse former for kystbeskyttelse, som kan kombineres og tilpasses forholdene langs kysten. Løsningerne tager afsæt i anbefalinger om designkriterier, som er beskrevet i den kysttekniske undersøgelse (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026).

2.1 Designbasis og sikringsniveau

Designkriterierne og sikringsniveauet for kystbeskyttelse fastlægges som udgangspunkt ud fra en forventet levetid af kystbeskyttelsen og hvilken returperiode for stormfloden, som kystbeskyttelsen skal kunne beskytte mod.

Vandstanden er typisk den afgørende parameter for design af kystbeskyttelse, suppleret med bølgetillæg baseret på lokale forhold og kystbeskyttelsestype.

WSP anbefaler en designvandstand på minimum +2,2 m DVR90 for 2075, svarende til en stormflod med en returperiode på 500 år og en levetid på 50 år. Der er en sandsynlighed på ca. 10% for, at en stormflod med en returperiode på 500 år sker indenfor en levetid på 50 år. DVR90 (Dansk Vertikal Reference 1990) henviser til Danmarks officielle højdesystem, som bruges som nulniveau til at måle havvandstand.

Dette niveau (+2,2 m DVR90) svarer omtrent til den højeste målte vandstand under stormfloden Bodil i 2013 plus forventet havspejlsstigning frem til 2075. I en konkret kystbeskyttelsesløsning skal der hertil lægges et bølgetillæg for at fastlægge anlæggets topkote.

Der anbefales en adaptiv kystbeskyttelsesstrategi, så kystbeskyttelsen kan hæves i fremtiden i takt med havspejlsstigningen.

Valget af sikringsniveau og designvandstand er i sidste ende et politisk spørgsmål for Gentofte Kommune.

2.2 Typer af kystbeskyttelsesløsninger

Løsningskataloget indeholder ni hovedtyper af kystbeskyttelse, der kan kombineres langs kysten:

Type 01 - Forhøjelse af eksisterende betonmure til ca. +3,0 m DVR90. Murene er lodrette og giver højt bølgeoverskyl, beskytter derfor kun mod stormflod med lav returperiode og har begrænset levetid på ca. 50 år. De forbedrer ikke rekreativ værdi eller håndtering af bølgeoverskyl. Anlægsomkostningerne er lave.

Type 02 - Forhøjelse af eksisterende betonmure til ca. +3,0 m DVR90 med sandstrand og hørder foran. Stranden reducerer bølgeoverskyl og øger beskyttelsesniveauet til en ca. 1000-års hændelse i 2075. Stranden giver rekreativ værdi og mulighed for adgang langs kysten, men kræver vedligeholdelsesfodring.

Type 03 - Nye spunsmure foran eksisterende betonmure. Spunsmure er lodrette, hvilket giver højt bølgeoverskyl og høje konstruktioner. Levetiden er på ca. 50 år, men kan forlænges til 100 år ved

støbning af betonmur uden på. Murene forhindrer adgang langs kysten og har højere anlægsomkostninger end forstærkning af eksisterende mure.

Type 04 - Nye spunsmure med sandstrand og hofder foran. Stranden reducerer murens højde og bølgeoverskyl. Stranden skal vedligeholdes. Løsningen forbedrer rekreativ værdi af kysten.

Type 05 - Forhøjelse af betonmure med skråningsbeskyttelse foran. Skråningsbeskyttelsen reducerer bølgeoverskyl og har lang levetid. Løsningen har lav rekreativ værdi, men mindre visuel påvirkning end mure alene.

Type 06 - Forhøjelse af betonmure med skråningsbeskyttelse med strand og hofder foran. Kombinationen reducerer højden på beskyttelsen og øger den rekreativ værdi, men kræver vedligeholdelse af stranden.

Type 07 - Diger af kalkstabiliseret overskudsjord med strand og hofder foran. Diger beskytter mod vandgennemstrømning, er permanente og kan forhøjes adaptivt. Stranden øger rekreativ værdi af kysten, men skal vedligeholdes.

Type 08 - Fremskudt barriereø med dige og skråningsbeskyttelse. Barriereøen beskytter mod erosion, skaber lagune til håndtering af bølgeoverskyl, skybrud og stigende grundvand, samt øger naturværdien markant. Løsningen kan forhøjes adaptivt.

Type 09 - Fremskudt barriereø med kalkstabiliseret dige og strand foran. Kombinerer fordelene ved kalkstabiliseret jord og strand, giver høj rekreativ værdi og lagune til håndtering af bølgeoverskyl, skybrud og stigende grundvand. Løsningen kan forhøjes adaptivt. Har høje anlægsomkostninger, men øger naturværdien betydeligt.

Herudover er der beskrevet muligheden for anlæg af hofder og strandøer i tilfælde af, at man anlægger strand som kystbeskyttelsesløsning. Hofder og strandøer kan stabilisere nye sandstrande og reducere vedligeholdelsesbehovet for strandfodring. De kan udformes med betondæk, trapper og badebroer for at øge rekreativ værdi og funktionalitet. Kombinationer af hofder og strandøer med forskellige funktionalitet kan tilpasses lokale behov.

2.3 Vurdering af løsningerne

Der er udarbejdet anlægsoverslag for de forskellige typer kystbeskyttelse baseret på erfaringstal fra 2024-2025. Overslagene inkluderer ikke områderne Tuborg Havn, Hellerup Havn og Charlottenlund Strandpark samt nord herfor. Anlægsomkostningerne varierer betydeligt afhængigt af løsningstype og designvandstand.

Forstærkning af eksisterende betonmure og nye spunsmure er generelt de billigste løsninger. Murene skal dog være betydeligt højere end løsninger kombineret med strand for at give samme sikringsniveau og reducerer derved udsigten fra ejendommene langs kysten mest.

For at reducere højden af kystbeskyttelsen anbefales, at der i alle tilfælde anlægges en strand foran.

Det anbefales at anvende kalkstabiliseret overskudsjord eller overskudsjord i størst muligt omfang kombineret med sandstrand foran for at sikre, at kystbeskyttelsen er adaptiv og kan forhøjes i fremtiden.

Der er udarbejdet en indledende såkaldt 'multikriterieanalyse' af de beskrevne løsninger ud fra kriterierne: Højde, visuel påvirkning, adaptivitet, rekreativ værdi, håndtering af bølgeoverskyl og skybrud, økonomi, bæredygtighed samt natur og biodiversitet.

Løsninger med strand scorer generelt højt på rekreativ værdi og natur, mens murløsninger alene scorer lavere. Den fremskudte barriereø scorer højest samlet, men er også den dyreste.

Kystbeskyttelsen skal planlægges til at være adaptiv, og anvendelse af sand og sten samt overskudsjord eller kalkstabiliseret overskudsjord er i den forbindelse gode løsninger.

Beton- og stålure har begrænset levetid og kræver større ombygninger, når de skal forhøjes. Løsninger med overskudsjord og kalkstabiliseret jord samt strand og sten kan forhøjes uden større indgreb.

Anlæggelse af strand som et adaptivt element over tid i kombination med murløsninger eller skråningsbeskyttelse kan minimere højden af kystbeskyttelse og dermed bevare udsigt til Øresund bedst muligt.

2.4 Kystbeskyttelsesstrategi

Det anbefales, at kystbeskyttelsen i Gentofte Kommune fremadrettet udformes med samme minimums-beskyttelsesniveau for hele kysten for at sikre en robust og sammenhængende beskyttelse mod stormflod. Det anbefales, at kystbeskyttelsen adaptivt skal kunne forhøjes og tilpasses over tid. Som nævnt anbefaler WSP en designvandstand på minimum +2,2 m DVR90 for 2075, svarende til en stormflod med en returperiode på 500 år og en levetid på 50 år. Hertil skal lægges bølgetillæg.

Udformning og planlægning af kystbeskyttelsen kan med fordel opdeles i en række delområder, som kan planlægges samlet eller separat inden for hvert delområde.

WSP peger på, at der kan ske planlægning opdelt i følgende områder:

- Hellerup-strækningen – fra Hellerup til Charlottenlund Strandpark
- Charlottenlund Strandpark
- Kystvejen
- Tuborg Havn
- Skovshoved Havn
- Bellevue Strand

De skitserede løsninger kan kombineres på mange måder langs kysten afhængigt af lokale interesser og forhold.

2.5 Kystbeskyttelsestiltag på kort sigt

Der er identificeret områder med stor risiko for oversvømmelse inden for de næste 0-5 år. Dette indbefatter Onsgårdsvej (lav klit), Hellerup Havn (mobile porte), Charlottenlund Strandpark (lavt terræn på den sydlige del) samt Kystvejen (bølgeoverskyl).

2.6 Tids- og procesplan

Stormfloden Bodil 6. december 2013 medførte en vandstand på +1,72 m DVR90 i Københavns Havn og tilsvarende langs kysten i Gentofte Kommune.

Det var meget tæt på, at nuværende kystbeskyttelse blev overskyllet, hvilket ville have haft katastrofale følger for Hellerup, hvor store områder kunne være blevet oversvømmet. Analyserne viser, at nuværende kystbeskyttelse er svag og lav, og at konstruktionerne ikke kan beskytte mod bølgeoverskyl i forbindelse med selv mindre stormfloder.

Havspejlet stiger allerede nu og vil fortsætte med at stige med stadig større hastighed i de kommende årtier.

WSP anbefaler derfor, at Gentofte Kommune igangsætter et kommunalt fællesprojekt for kystbeskyttelse af hele Gentofte Kommune, hvor der udvikles og anlægges en samlet kystbeskyttelse, som er optimeret til hver enkelt delstrækning. Figur 9-1 viser et samlet processkema for kommunale fællesprojekter jf. Kapitel 1 a i kystbeskyttelsesloven, se Bilag 1 (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026).

Der er en række trin i gennemførelsen af et kommunalt fællesprojekt, som skal planlægges i detaljer og som naturligt ligger i forlængelse af den indledende beslutning om, i hvilken retning Gentofte Kommune ønsker at udvikle beskyttelsen.

WSP anbefaler, at planlægningen af et kommunalt fællesprojekt for kystbeskyttelse i kommunen påbegyndes allerede i 2026 og anlægges hurtigst muligt.

Planlægning 2026-2030:

- Akutte indsatser (se afsnit 8)
- Fortsætte nuværende strategi med forhøjelse af mure ud fra gældende administrationsgrundlag
- Planlægning af kommunalt fællesprojekt for langsigtet adaptiv kystbeskyttelse og herunder, borgerdialog, modning, beslutningsproces om løsninger, udarbejdelse af løsningsforslag, høring ved Kystdirektoratet, myndighedsprojekt, bidragsfordeling, detailprojektering og udbud, se Figur 9-1

Gennemførelse 2031-2035: Anlæg af langsigtet adaptiv kystbeskyttelse i Gentofte Kommune.

3 DESIGNBASIS OG SIKRINGSNIVEAU

3.1 Sikringsniveau

Som gennemgået i den kysttekniske undersøgelse (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026) er der i forbindelse med sikring af kysten behov for indledningsvist at fastsætte designkriterier og sikringsniveauet for kystbeskyttelsen.

Kystbeskyttelse projekteres typisk med udgangspunkt i en forudsat levetid (L), i forhold til en forudsat ekstrem stormflodshændelse med en returperiode (Td). Returperioden angiver, hvor lang tid, der i gennemsnit går mellem to ekstreme hændelser med samme størrelse. Ud fra disse to parametre kan sandsynligheden (R) for, at designhændelsen (Td), indtræffer inden for kystbeskyttelsens levetid (L), bestemmes, se Tabel 3-1.

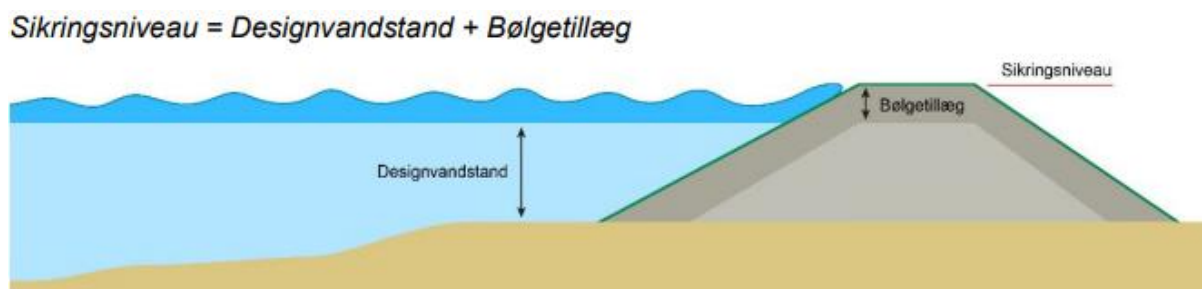
Tabel 3-1 Sandsynlighed, R (%) for en designhændelse med en given returperiode, Td indtræffer indenfor en given levetid, L (år), (Karsten Mangor, 2017)

Life Time (L) in years	Recurrence Period (Td) in years							
	5	10	30	50	100	500	1,000	10,000
1	20	10	3	2	1	0	0	0
5	67	41	16	10	5	1	0	0
10	89	65	29	18	10	2	1	0
30	100	96	64	45	26	6	3	0
50	100	99	82	64	39	10	5	0
100	100	100	97	87	63	18	10	1
200	100	100	100	98	87	33	18	2
500	100	100	100	100	99	63	39	5

Tabellen viser fx, at der ved anlæggelse af kystbeskyttelse med en levetid på 50 år, vil være en 10 % sandsynlighed for, at en 500 årshændelse overskrides i løbet af anlæggets levetid.

Kystbeskyttelse projekteres ud fra en række parametre, herunder vandstands- og bølgeforhold mv. Det er vandstanden, som typisk er den afgørende designparameter, da bølgeforholdene vil afhænge af de meget lokale forhold som fx vanddybden foran kystbeskyttelsen. Kystbeskyttelsen skal derfor planlægges med udgangspunkt i den ekstreme vandstand, som Gentofte Kommune vælger. Herefter

fastlægges bølgetillæg ud fra lokale forhold og den konkrete konstruktion for at bestemme topkoten af kystbeskyttelsen og dermed sikringsniveauet, se Figur 3-1.



Figur 3-1 Sikringsniveau = Designvandstand + Bølgetillæg

3.2 Anbefalet designvandstand

Tabel 3-2 viser en oversigt over ekstreme vandstande med forskellige returperioder og levetider i Gentofte Kommune baseret på den seneste højvandsstatistik for Københavns Havn og middelværdien for havspejlsstigningen om 50 og 100 år baseret på Klimascenarie SSP3-7.0 (Kystdirektoratet/DMI, 2024).

Tabel 3-2 Ekstreme vandstande i år 2025, 2025 og 2125 (SSP3-7.0) for Københavns Havn med stormflod fra nord (Kystdirektoratet/DMI, 2024)

Stormflod, Returperiode	Enhed	År	50% fraktil	1	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
Havspejlsstigning	m	2025	0	0.95	1.16	1.24	1.34	1.46	1.55	1.64	1.76	1.84	1.94
SSP3-7.0	m	2075	0.43	1.38	1.59	1.67	1.77	1.89	1.98	2.07	2.19	2.27	2.37
	m	2125	0.84	1.79	2.00	2.08	2.18	2.30	2.39	2.48	2.60	2.68	2.78

Tabellen viser, at hvis en stormflodshændelse, som fx svarer til en returperiode på 100 år (en 100 års-hændelse) rammer Gentoftes kyst, vil den betyde vandstande på +1,55 m DVR90 i dag, +1,98 m DVR90 om 50 år og +2,39 m DVR90 om 100 år.

Konsekvenserne ved overskridelse af sikringsniveauet er ofte omfattende, når der er tale om oversvømmelsesbeskyttelse, hvor mange ejendomme i baglandet kan blive påvirket i tilfælde af, at kystbeskyttelsen bliver beskadiget eller bryder sammen. Hele baglandet i Hellerup ligger lavt og risikoen for oversvømmelse fra havet er betydelig. WSP anbefaler derfor, at den fremtidige stormflodsbeskyttelse som minimum dimensioneres ud fra en ekstremhændelse med en returperiode på 500 år.

Der er betydelig usikkerhed forbundet med fremskrivning af havspejlsstigningen og herunder, hvor meget havspejlet vil stige, og hvor hurtigt det vil stige. Det anbefales derfor at vælge en adaptiv kystbeskyttelsesstrategi, som let kan forstærkes og forhøjes i fremtiden i takt med, at kystbeskyttelsen i Gentofte skal udbygges samlet set.

Man kan derfor argumentere for at antage en levetid på 50 år som udgangspunkt for at reducere anlægsmkostningerne og reducere påvirkningen af fx udsigten fra ejendommene bagved kystbeskyttelsen.

WSP anbefaler, at den fremtidige samlede kystbeskyttelse af Gentofte projekteres til at kunne modstå minimum en 500 års stormflodshændelse om 50 år svarende til en designvandstand på minimum +2,2 m DVR90, se Tabel 3-2. Tabel 3-1 viser, at der er en sandsynlighed på ca. 10 % for, at 500 års designhændelsen overskrides inden for kystbeskyttelsens levetid på 50 år. Til sammenligning er sandsynligheden for, at en 1000 års-hændelse indtræffer indenfor en levetid på 50 år ca. 5 %, se Tabel 3-1.

Anbefalingen om at kystbeskytte mod en designvandstand på minimum +2,2 m DVR90 svarer nogenlunde til at kunne beskytte mod den højeste vandstand på +1,72 m DVR90 (1,68 m trendfri), der blev målt i Københavns Havn under stormfloden Bodil 6. december 2013 tillagt den forventede havspejlsstigning frem til år 2075 (Kystdirektoratet, Højvandsstatistikker, 2024), som for klimascenariet SSP3-7.0 (højt emissionsscenario) forventes at udgøre 0,43 m. Stormen Bodil havde en returperiode på ca. 275 år.

3.3 Sammenligning med designvandstande for hovedstadsområdet

Undersøgelsen for hele hovedstadsområdet konkluderer, at designvandstanden nord for København kan være op til +3,4 m DVR90 plus bølgetillæg i forbindelse med stormflod fra øst (Kystdirektoratet/DMI, 2024). Dette er betydeligt højere end WSPs anbefaling til den kommende kystplan for Gentofte Kommune, som tager udgangspunkt i at beskytte mod stormflod fra nord. Forskellen skyldes, at der i undersøgelsen for hele hovedstadsområdet regnes på det værst tænkelige scenarie i 2075 både i forhold til stormflod og havspejlsstigning, begrundet i behovet for beskyttelse af særlig kritisk infrastruktur, fx metro og lufthavn m.m.

Arbejdsgruppen for hovedstadsområdet (KDI/DMI) foreslår at anvende det høje udledningsscenario (SSP3-7.0) som udgangspunkt. De adskillige bidrag til den markante samlede usikkerhed gør, at arbejdsgruppen for hovedstadsområdet (KDI/DMI) anbefaler at benytte den øvre grænse for de sandsynlige klimaforandringer for hovedstaden (83%-fraktilen).

Der er stor forskel på designvandstanden baseret på en stormflod fra nord med en returperiode på 500 år i 2075 (+2,2 m DVR90) og den øvre grænse for designvandstanden vurderet af arbejdsgruppen for hovedstadsområdet (KDI/DMI, +3,4 m DVR90).

Designvandstanden på +2,2 m DVR90 svarer nogenlunde til den højeste målte vandstand i Københavns Havn (ved Bodilstormen) plus havspejlsstigning frem mod 2075, hvilket giver et robust pejlemærke for, hvad der som minimum er nødvendigt for at beskytte Gentofte frem mod 2075.

Det er et politisk spørgsmål, hvilket sikringsniveau Gentofte Kommune ønsker i kommunen.

3.4 Designforudsætninger for løsningskataloget

Kystbeskyttelsen i løsningskataloget skitsedimensioneres ud fra 3 scenarier for at vise mulighederne for adaptiv tilpasning over tid samt for at belyse, hvad designvandstanden betyder for dimensionerne og anlægsmkostningerne til det samlede anlæg:

- 500 årshændelse med en levetid på 50 år, +2,2 m DVR90 (2075).
- 500 årshændelse med en levetid på 100 år, +2,6 m DVR90 (2125).
- Maksimal vandstand, +3,4 m DVR90 (2075) jf. (Kystdirektoratet/DMI, 2024).

Sidstnævnte er den designvandstand, som anbefales for Hovedstadsområdet jf. afsnit 3.3.

Løsningsforslagene er skitseret for et typisk kystprofil i Hellerup eksemplificeret ved Richelieus Allé, Kystprofil GEN 29 (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026).

Scenarierne er modelleret ud fra samme forudsætninger. Udstrækning og anlægsøkonomi kan herved sammenlignes direkte en til en for de enkelte scenarier og for de forskellige løsningstyper.

Alle typer kystbeskyttelse er modelleret og dimensioneret på samme måde med den numeriske kystmodel LITPROF og herunder akut erosion under stormflod fra øst og nord. Der er anvendt et bølgeoverskylskriterie på maksimalt 2 l/s/m for at kunne sammenligne de nødvendige højder, udstrækning og anlægsoverslag direkte for de forskellige typer af kystbeskyttelse og scenarier.

Der er ikke plads til opmagasinering af vand som følge af bølgeoverskyl i baglandet i Hellerup. Det forudsættes derfor, at overskylsvand pumpes væk med mobile pumper kombineret med nuværende afløbssystem i forbindelse med ekstreme stormfloder.

Der er anvendt samme strandprofil i alle scenarier. Stranden har en topkote i +2,75 m DVR90 foran kystbeskyttelsen. Strandens beskyttende virkning kan øges uden videre i takt med havspejlsstigningen, hvilket vil reducere højden af alle løsninger med strand.

Løsningerne er generelt designet således, at principsnittet for 2075 kan forhøjes til at kunne modstå forholdene i 2125 med minimale ændringer af topkoten. Løsninger med vandstand på +3,4 m DVR90 er designet specielt til dette scenarie.

Metoden til modellering af strand og beregning af den nødvendige højde af kystbeskyttelsen er beskrevet i detaljer i den kysttekniske undersøgelse (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026).

4 KYSTBESKYTTELSESLØSNINGER

4.1 Indledning

Gentofte Kommune har bedt WSP udarbejde et løsningskatalog for kystbeskyttelse, som særligt er tilpasset forholdene i Hellerup, og som skal kunne øge beskyttelsen af dette område, da nuværende kystbeskyttelse generelt er for svag og lav. Mange af de viste løsninger kan ligeledes principielt anvendes andre steder på kommunens kyst tilpasset forholdene her. Skitseforslagene for kystbeskyttelsen er beskrevet og vurderet i det følgende. Vurderingerne er udført ud fra en række kriterier: højde af kystbeskyttelsen, udsigt og visuel påvirkning, mulighed for adaptiv udbygning, rekreative værdier, håndtering af bølgeoverskyl og skybrud, anlægsøkonomi, bæredygtighed samt natur og biodiversitet. Vurderinger af de forskellige løsninger ud fra disse kriterier sammenlignes parallelt efterfølgende i en multikriterieanalyse, se Kapitel 6.

Løsningerne præsenteres enkeltvis på principsnit samt på plan for sammenhængende løsninger for kystområdet i Hellerup. Løsningerne kan kombineres på mange måder langs kysten. Det giver dog først reel mening i næste fase af projektet, hvor kommunens administration, politikere og borgere inddrages i drøftelsen af, hvilken retning der ønskes for den fremtidige kystbeskyttelse i Gentofte Kommune – både overordnet og for de enkelte delstrækninger. Denne proces kan danne grundlag for en samlet kystplan for Gentofte Kommune.

4.2 Type 01 - Forhøjelse af eksisterende mure

Type 01 omfatter forhøjelse af eksisterende betonmure til +3,0 m DVR90, se Figur 4-1 og Figur 4-2.

Der er betonmure langs en stor del af kysten i Hellerup i dag. Murene har forskellig højde og opbygning. Eksisterende betonmure kan forhøjes i et vist omfang med nuværende fundamenter og tilstand. Det foreslås, at eksisterende betonmure forhøjes til +3,0 m DVR90. Forhøjelse af murene skal ske med udgangspunkt i tilstanden af de enkelte konstruktioner langs kysten for at sikre ensartet styrke og sikringsniveau. Koten er valgt ud fra et ønske om at kunne se hen over murene fra haverne. Murene vil have en højde på ca. 1,3 m over nuværende terræn.

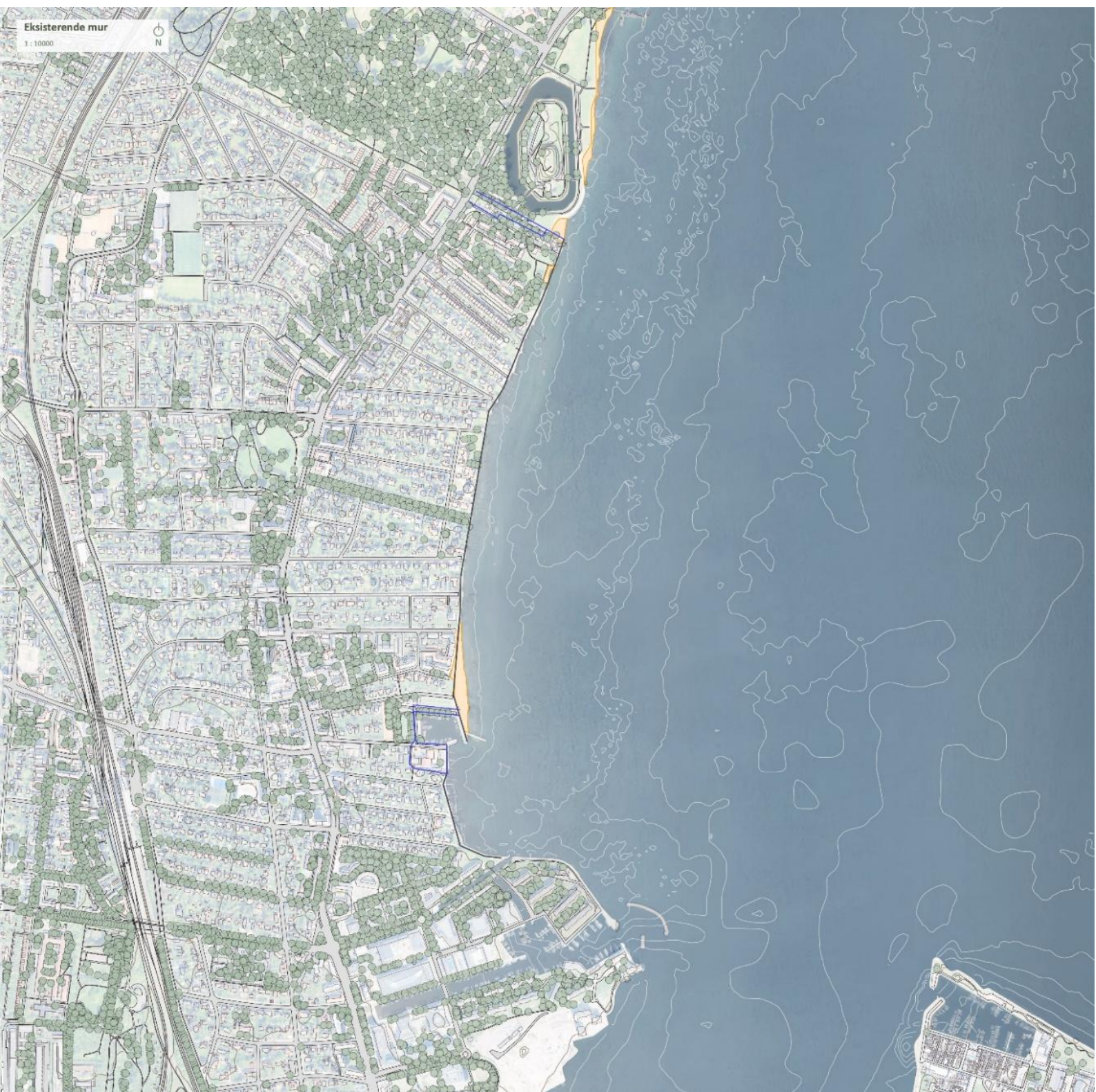
For denne type kystbeskyttelse gælder:

- Betonmurene er lodrette, hvilket uhensigtsmæssigt resulterer i et forholdsvist stort bølgeoverskyl. Dette betyder, at murene skal være højere end øvrige løsninger for at opnå tilsvarende beskyttelse mod bølgeoverskyl.
- Eksisterende betonmure forhøjet til +3,0 m DVR90 kan beskytte mod en stormflod med en returperiode på ca. 10 år i 2075 og <1 år i år 2125. Forhøjelse af eksisterende betonmure til +3,0 m DVR90 lever således ikke op til det anbefalede beskyttelsesniveau svarende til en returperiode på minimum 500 år i år 2075.
- Betonmure har typisk en levetid på ca. 50 år. I den sidste ende skal betonmurene fjernes og erstattes af anden kystbeskyttelse, når materialerne er nedbrudte og ikke længere kan vedligeholdes.

- Forstærkning af eksisterende betonmure forbedrer ikke den rekreative værdi af kysten, og det er generelt ikke muligt at færdes langs kysten foran murene.
- Kystbeskyttelse med eksisterende betonmure kan i sig selv ikke håndtere bølgeoverskyl, som vil kunne udgøre et problem i baglandet.
- Anlægsomkostningerne er typisk mindre ved vedligeholdelse af eksisterende betonmure i forhold til nye mure.
- Betonmure har typisk et stort CO₂-aftryk, men kan formodentligt reduceres ved at bygge videre på eksisterende mure.
- Betonmure vil ikke have en positiv indvirkning på natur og biodiversitet.



Figur 4-1 Type 01 - Forhøjelse af eksisterende mure, principsnit. Bemærk, at murene ikke vil kunne beskytte til det anbefalede sikringsniveau.



Figur 4-2 Type 01 - Forhøjelse af eksisterende mure, plan.

4.3 Type 02 - Forhøjelse af eksisterende betonmure med strand foran

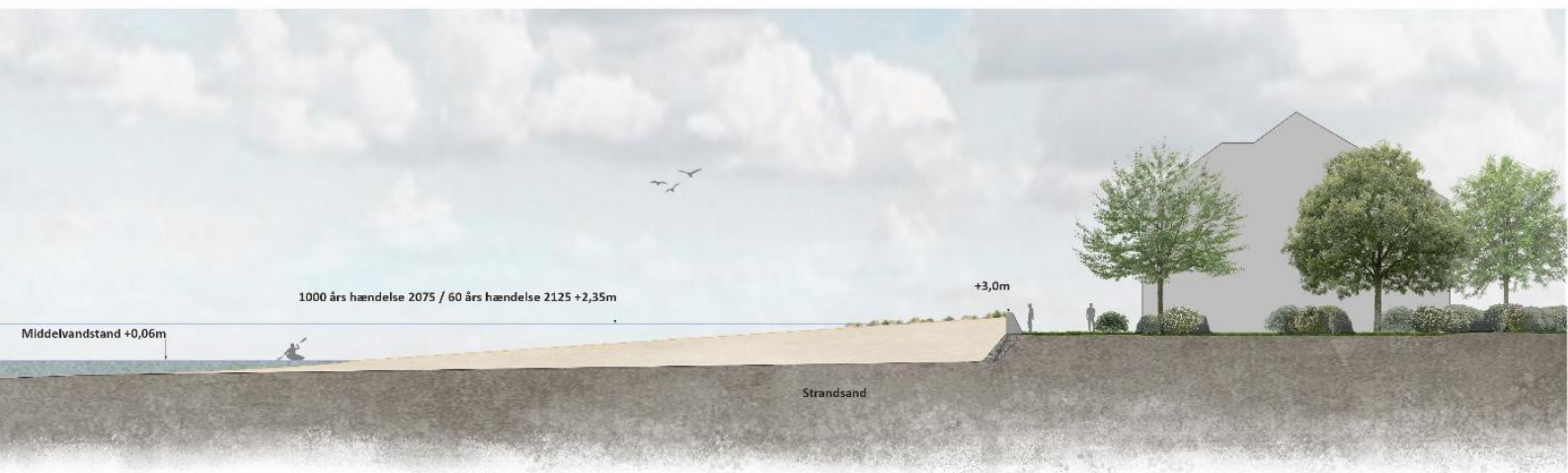
Type 02 omfatter forhøjelse af eksisterende betonmure med sandstrand og hofder foran, se Figur 4-3 og Figur 4-4.

Der er betonmure langs en stor del af kysten i Hellerup i dag. Murene har forskellig højde og opbygning. Eksisterende betonmure kan forhøjes i et vist omfang med nuværende fundamenter og tilstand. Det foreslås, at eksisterende betonmure forhøjes til +3,0 m DVR90. Forhøjelse af murene skal ske med udgangspunkt i tilstanden af de enkelte konstruktioner langs kysten for at sikre ensartet styrke og sikringsniveau. Koten er valgt ud fra et ønske om at kunne se hen over murene fra haverne. Murene vil have en højde på ca. 1,3 m over nuværende terræn.

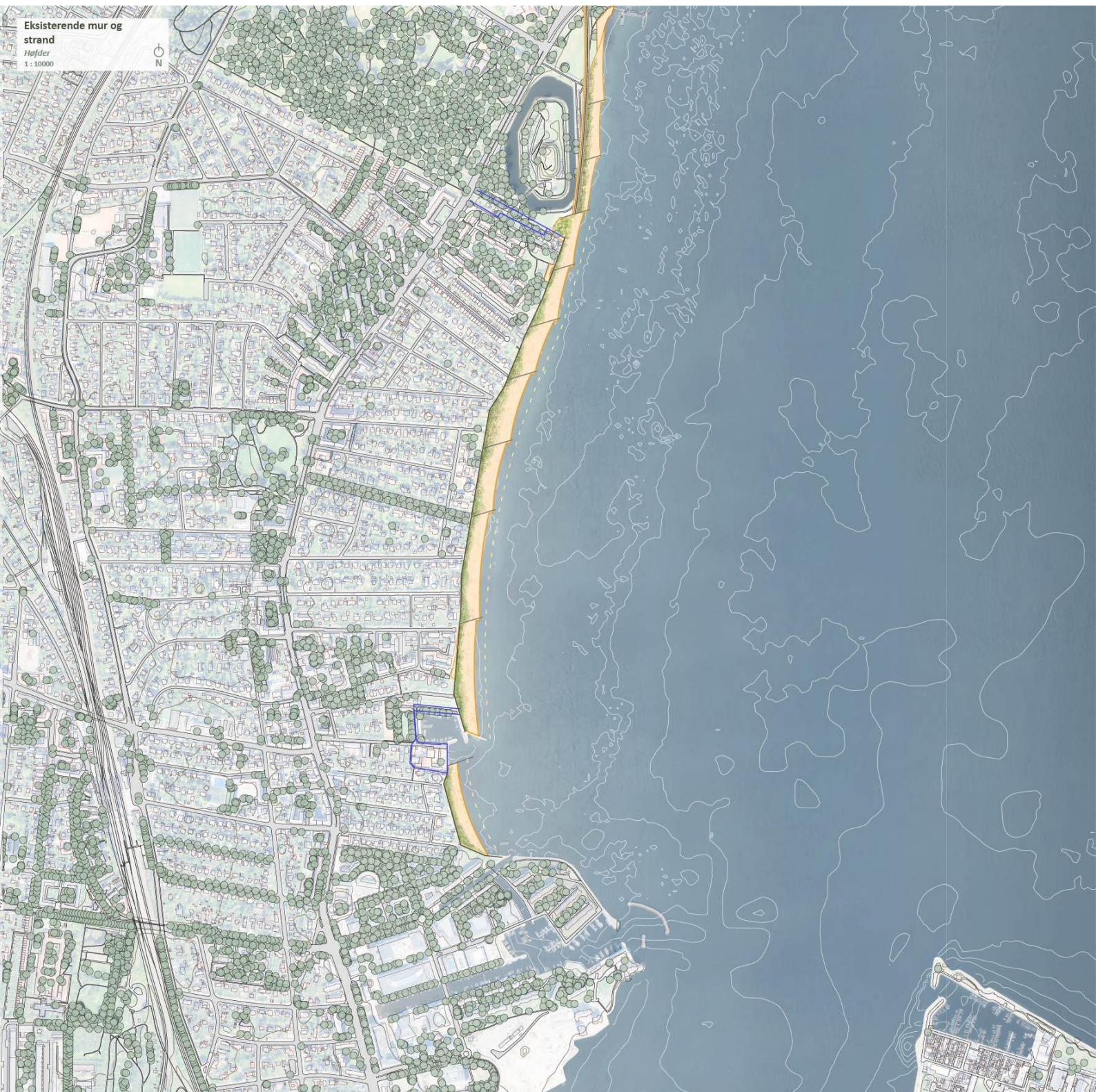
For denne type kystbeskyttelse gælder:

- Betonmurene er lodrette og resulterer derfor i et forholdsvis stort bølgeoverskyl. Murene skal derfor være højere end øvrige løsninger for at give samme beskyttelse mod bølgeoverskyl. Murens højde kan reduceres betydeligt ved at anlægge en strand foran. Stranden vil medføre, at bølgenes højde reduceres, før de rammer betonmurene.
- Eksisterende betonmure forhøjet til +3,0 m DVR90 med strand foran kan beskytte mod en stormflod med en returperiode på ca. 1000 år i 2075 og ca. 60 år i år 2125.
- Betonmure har typisk en levetid på ca. 50 år.
- Stranden medfører, at højden af murene skal forhøjes betydeligt mindre i fremtiden. I den sidste ende skal betonmurene fjernes og erstattes af anden kystbeskyttelse, når materialerne er nedbrudte og ikke længere kan vedligeholdes.
- Stranden skal løbende vedligeholdes som følge af kronisk og akut erosion. Strandens værdi vil således kunne opretholdes i fremtiden. Hofderne reducerer vedligeholdelsesbehovet og sikrer en ensartet beskyttelse langs stranden.
- Stranden foran betonmurene medfører, at det er muligt at gå langs kysten og forbedrer derved den rekreative værdi af kystbeskyttelsen i henhold til hensynene beskrevet i kystbeskyttelsesloven. Betonmurene vil medvirke til at adskille de private matrikler fra den offentligt tilgængelige strand foran. Murene vil desuden være med til at reducere eventuelle gener ved sandflugt. Der kan evt. plantes marehalm foran murene for at reducere sandfugning.
- Kystbeskyttelse med eksisterende betonmure og strand kan i sig selv ikke håndtere bølgeoverskyl, som vil kunne udgøre et problem i baglandet.
- Anlægsomkostningerne er typisk mindre ved vedligeholdelse af eksisterende betonmure i forhold til nye mure. Omkostninger til stranden skal lægges oven i, herunder vedligeholdelsesfodring med års mellemrum.
- For at reducere vedligeholdelsesbehovet for stranden kan der anlægges hofder og/eller strandøer langs stranden. Herved reduceres den kystparallelle sedimenttransport og derved vedligeholdelsesbehovet. Hofder og strandøer kan medvirke til at fange tang, og det må derfor forventes, at strandene skal renses for tang hvert år for at opretholde en god rekreativ værdi.

- Betonmure har typisk et stort CO₂-aftryk, men dette kan formodentligt reduceres ved at bygge videre på eksisterende mure. Dertil skal lægges CO₂-bidrag fra strandfodring og anlæggelse af hølde og/eller strandøer.
- Betonmurene vil ikke have en positiv indvirkning på natur og biodiversitet. Stranden vil kunne skabe en grøn kile foran betonmurene og derved øge naturværdien af kystbeskyttelsen i et mindre omfang.



Figur 4-3 Type 02 - Forhøjelse af eksisterende mure og strand, principsnit



Figur 4-4 Type 02 - Forhøjelse af eksisterende mure og strand, plan med højder (alternativt strandøer)

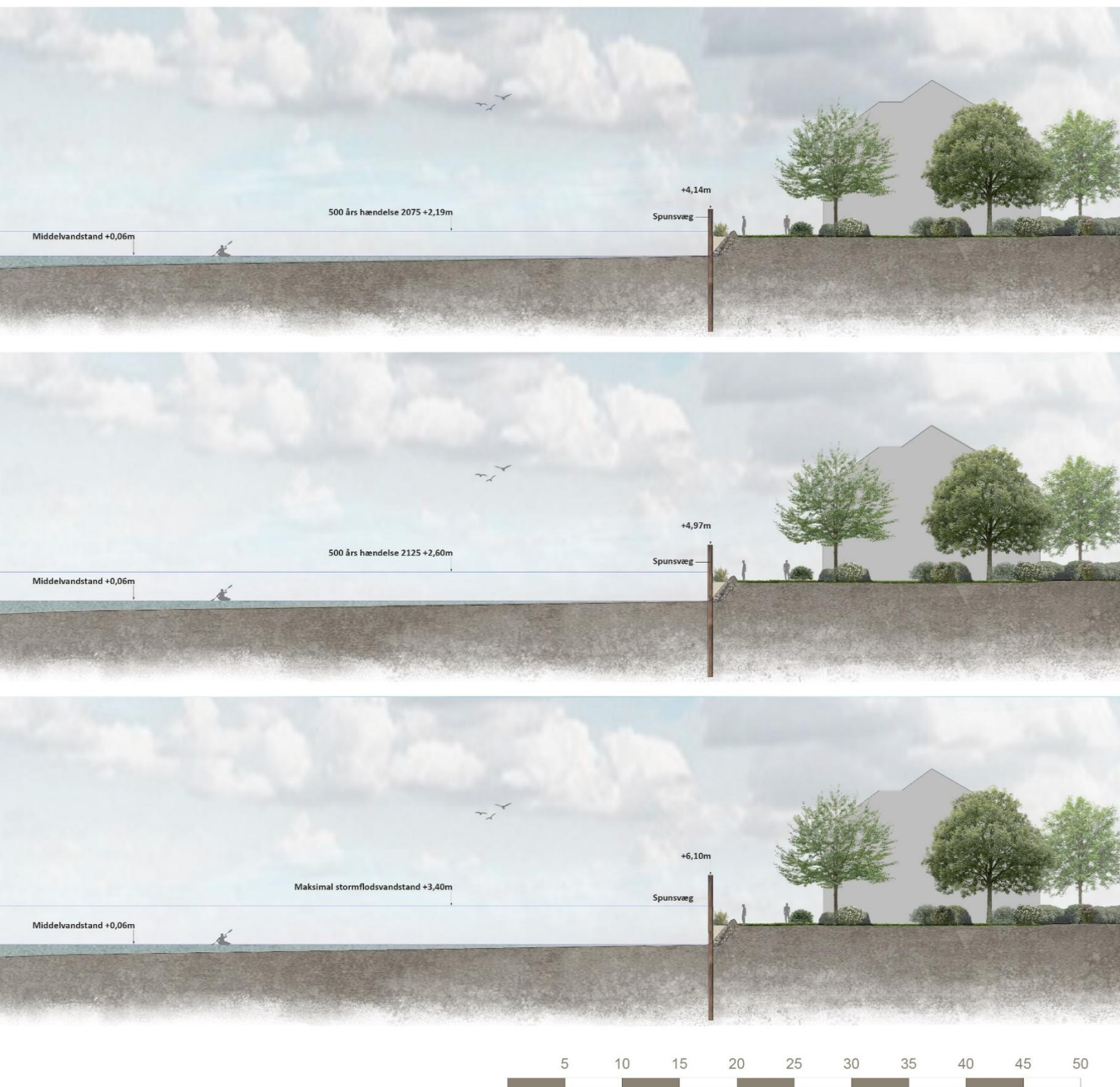
4.4 Type 03 - Nye spunsmure

Type 03 omfatter nye spunsmure anlagt umiddelbart foran eksisterende betonmure, se Figur 4-5 og Figur 4-6.

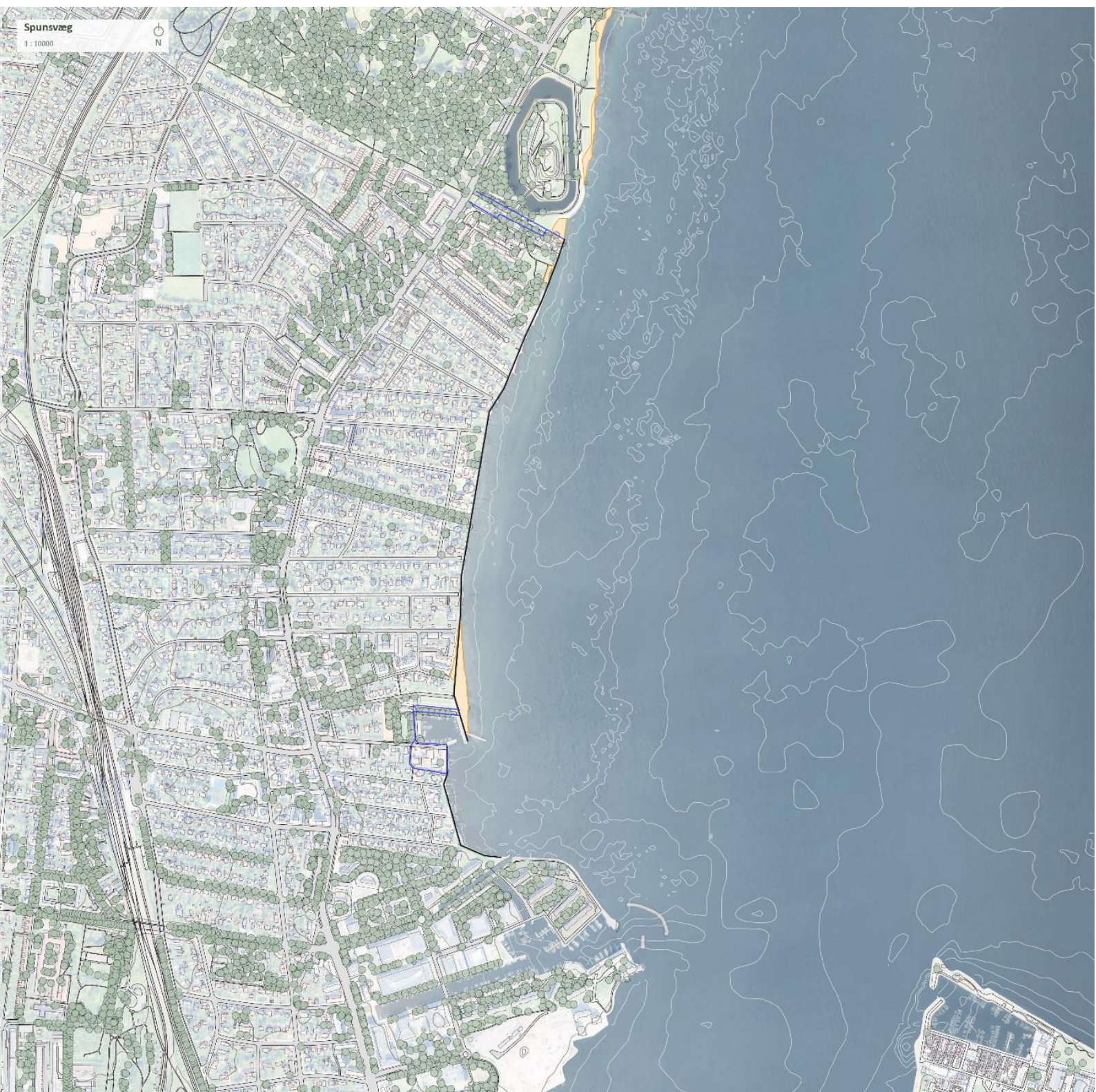
Spunsmure har et smalt fodaftryk og kan desuden beskytte mod understrømning. Spunsmure opbygges typisk af stål. Spunsmure kan beklædes med træ og/eller vegetation på bagsiden. Forsiden mod havet udgøres af den nøgne stålspons.

For denne type kystbeskyttelse gælder:

- Spunsmure er lodrette og resulterer derfor i et forholdsvis stort bølgeoverskyl. Murene skal derfor være højere end øvrige løsninger for at give samme beskyttelse mod bølgeoverskyl.
- Stålspons har typisk en levetid på ca. 50 år. Levetiden kan forlænges til ca. 100 år ved at støbe en betonmur udenpå og kan i samme operation forhøjes forudsat, at sponsens funderingsdybde og godstykkelse er forberedt til, at muren skal forhøjes. Betonmuren bør først tilføjes senere, når levetiden af stålsponsen skal forlænges for at reducere anlægsomkostningerne. På sigt bliver de nødvendige mure betydeligt højere end øvrige løsninger. I sidste ende skal stål- og betonmur fjernes og erstattes af anden beskyttelse, når materialerne er nedbrudte og ikke længere kan vedligeholdes.
- Det er ikke muligt at gå langs kysten foran stålsponsen, som vil gå direkte ned i havet. Spunsmure forbedrer derfor ikke den rekreative værdi af kysten. Spunsmurene forhindrer dog indkig til haverne langs kysten.
- Det er muligt at anlægge en mindre grøft mellem eksisterende mure og nye spunsmure, hvilket kan medvirke til at håndtere bølgeoverskyl. En del af det vand, der kommer ind over muren ved bølgeoverskyl kan pumpes væk fra den lille grøft. Grøften er dog ikke bred nok til at håndtere alt bølgeoverskyl.
- Anlægsomkostningerne er typisk forholdsvis høje for ny stålspons i forhold til vedligeholdelse af eksisterende mure.
- Stålspons har typisk et stort CO₂-aftryk.
- Stålspons vil ikke have en positiv indvirkning på natur og biodiversitet.



Figur 4-5 Type 03 - Nye spunsmure, principsnit



Figur 4-6 Type 03 - Nye spunsmure, plan

4.5 Type 04 - Nye spunsmure og strand foran

Type 04 omfatter nye spunsmure anlagt umiddelbart foran eksisterende betonmure med sandstrand og høfder foran, se Figur 4-7 og Figur 4-8. Spunsmure har et smalt fodaftryk og kan desuden beskytte mod understrømning. Spunsmure opbygges typisk af stål. Spunsmure kan beklædes med træ og eller vegetation på bagsiden. Forsiden mod havet udgøres af den nøgne stålspons.

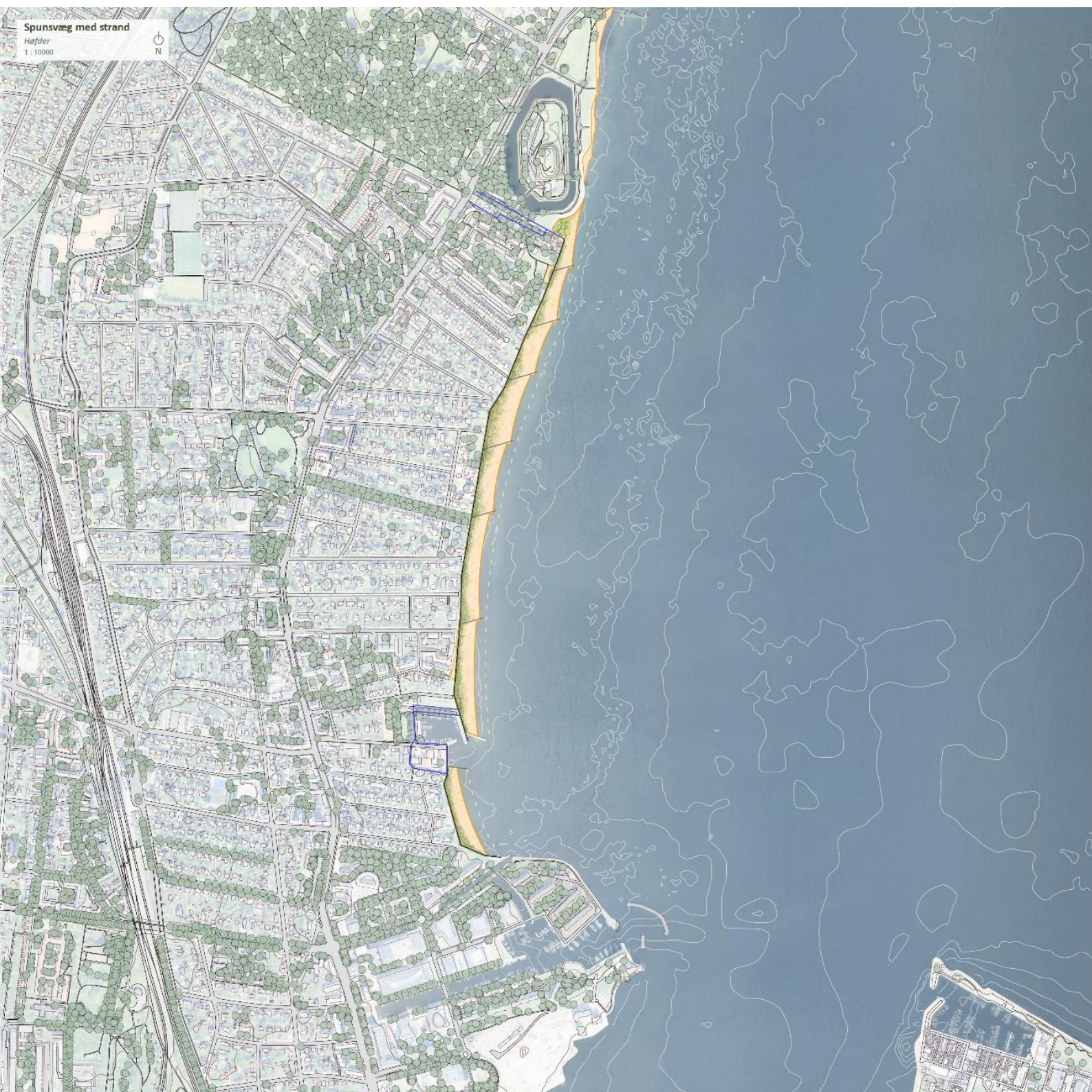
For denne type kystbeskyttelse gælder:

- Spunsmure er lodrette og resulterer derfor i et forholdsvis stort bølgeoverskyl. Murene skal derfor være højere end øvrige løsninger for at give samme beskyttelse mod bølgeoverskyl. Murens højde kan reduceres ved at anlægge en strand foran. Stranden vil medføre, at bølgenes højde reduceres, før de rammer spunsmurene.
- Stålspons har typisk en levetid på ca. 50 år. Levetiden kan forlænges til ca. 100 år ved at støbe en betonmur udenpå og kan i samme operation forhøjes forudsat, at sponsens funderingsdybde og godstykkelse er forberedt til, at muren skal forhøjes. Betonmuren bør først tilføjes senere, når levetiden af stålsponsen skal forlænges for at reducere anlægsomkostningerne.
- Stranden medfører, at højden af muren skal forhøjes betydeligt mindre i fremtiden. I den sidste ende skal stål- og betonmure fjernes og erstattes af anden kystbeskyttelse, når materialerne er nedbrudte og ikke længere kan vedligeholdes.
- Stranden skal løbende vedligeholdes som følgende af kronisk og akut erosion. Strandens værdi vil således kunne opretholdes i fremtiden. Høfderne reducerer vedligeholdelsesbehovet og sikre en ensartet beskyttelse langs stranden.
- Stranden foran spunsmuren medfører, at det er muligt at gå langs kysten og forbedre derved den rekreative værdi af kystbeskyttelsen i henhold til hensynene beskrevet i kystbeskyttelsesloven. Spunsmuren vil medvirke til at adskille de private matrikler fra den offentlige strand foran. Muren vil desuden være med til at reducere eventuelle gener ved sandflugt. Der kan evt. plantes marehalm foran murene for at reducere sandfygning.
- Det er muligt at anlægge en mindre grøft mellem eksisterende mure og nye spunsmure, hvilket kan medvirke til at håndtere bølgeoverskyl. En del af det vand, der kommer ind over muren ved bølgeoverskyl kan pumpes væk fra den lille grøft. Grøften er dog ikke bred nok til at håndtere alt bølgeoverskyl.
- Anlægsomkostningerne er typisk forholdsvis høje for stålspons i forhold til traditionelle jorddiger og skråningsbeskyttelser. Omkostninger til stranden skal lægges oven i og herunder vedligeholdelsesfodring med års mellemrum.
- For at reducere vedligeholdelsesbehovet for stranden kan der anlægges høfder og/eller strandøer langs stranden. Herved reduceres den kystparallelle sedimenttransport og derved vedligeholdelsesbehovet. Høfder og strandøer kan medvirke til at fange tang, og det må derfor forventes, at strandene skal renses for tang hvert år for at opretholde en god rekreativ værdi.
- Stålspons har typisk et stort CO₂-aftryk, og dertil skal lægges CO₂-bidrag fra strandfodring og anlæggelse af høfder og/eller strandøer.

- Stålspons vil ikke have en positiv indvirkning på natur og biodiversitet. Stranden vil kunne skabe en grøn kile foran spunsmuren og derved øge naturværdien af kystbeskyttelsen i et mindre omfang.



Figur 4-7 Type 04 - Nye spunsmure og strand, principsnit



Figur 4-8 Type 04 - Nye spunsmure og strand, plan med høfder (alternativt strandøer)

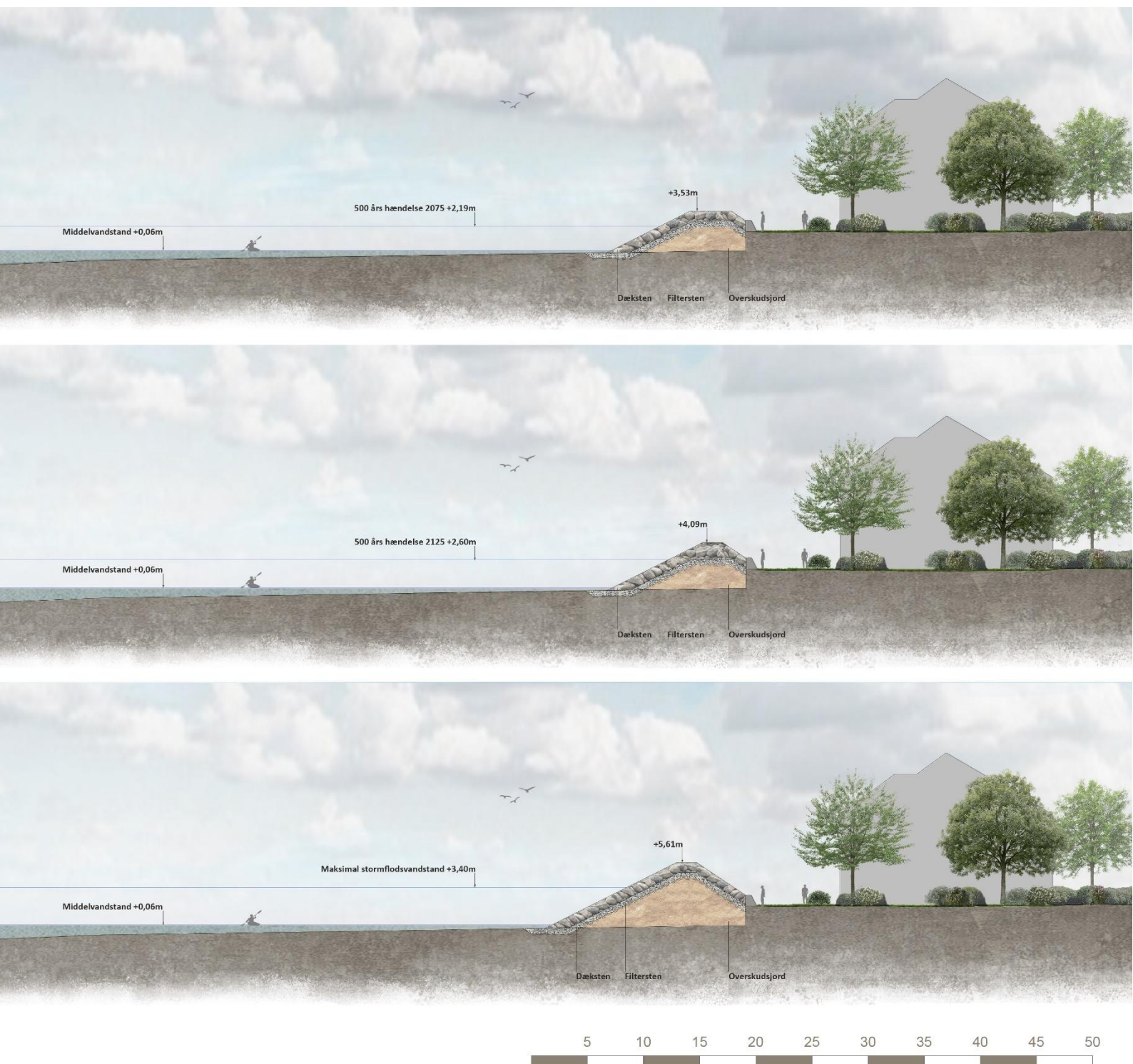
4.6 Type 05 - Skråningsbeskyttelser

Type 05 omfatter forhøjelse af eksisterende betonmure med skråningsbeskyttelse foran, se Figur 4-9 og Figur 4-10.

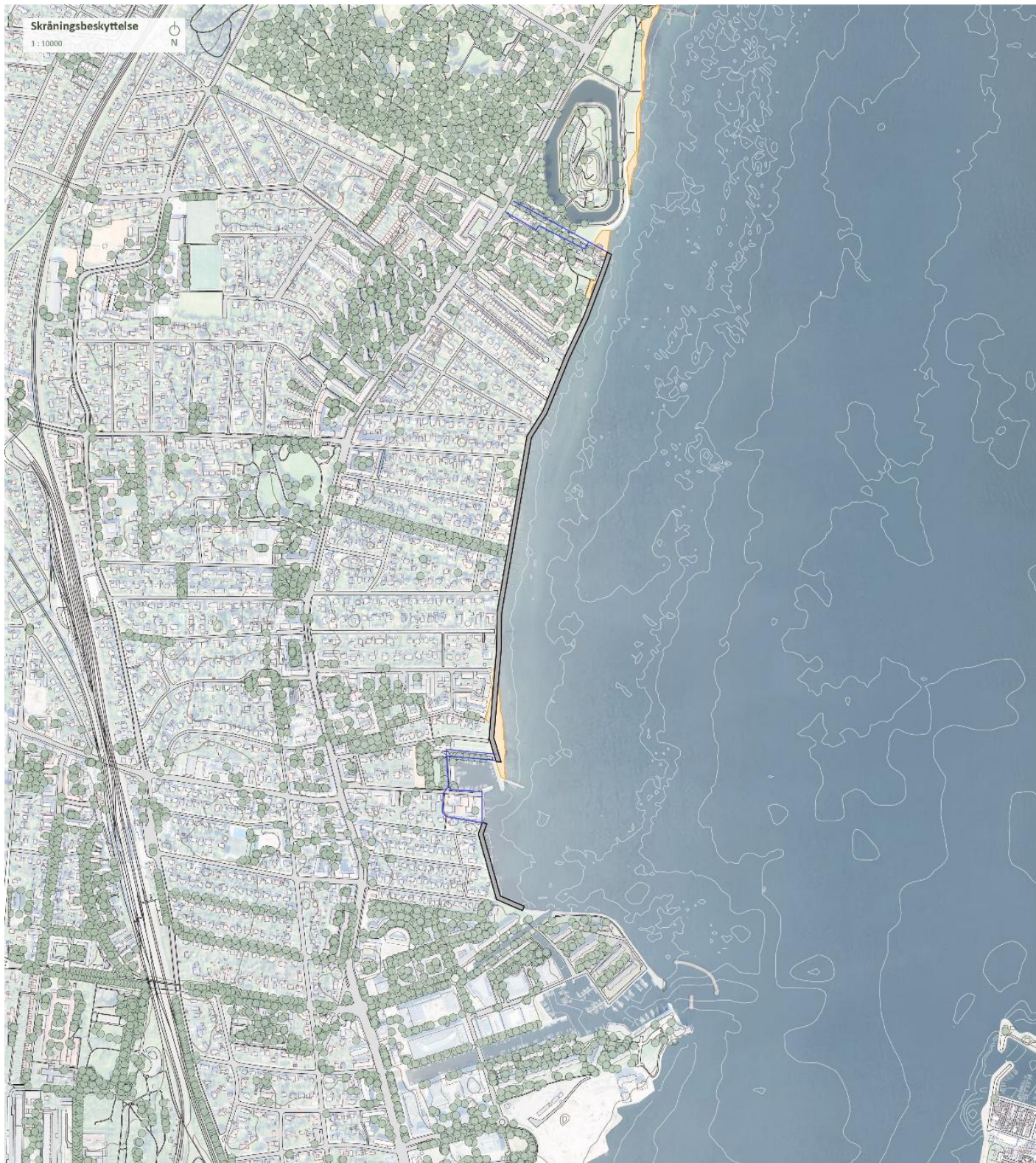
Der er betonmure langs en stor del af kysten i Hellerup i dag. Murene har forskellig højde og opbygning. Eksisterende betonmure kan forhøjes i et vist omfang med nuværende fundamenter og tilstand. Det foreslås, at eksisterende betonmure forhøjes til ca. +3,0 m DVR90, og at der anlægges en skråningsbeskyttelse foran. Forhøjelse af murene skal ske med udgangspunkt i tilstanden af de enkelte konstruktioner langs kysten for at sikre ensartet styrke og sikringsniveau.

For denne type kystbeskyttelse gælder:

- Betonmurene er lodrette og resulterer derfor i et forholdsvis stort bølgeoverskyl. Murene skal derfor være højere end øvrige løsninger for at give samme beskyttelse mod bølgeoverskyl. Murens højde kan reduceres betydeligt ved at anlægge en skråningsbeskyttelse foran. Skråningsbeskyttelsen vil reducere bølgeoverskyllet i kraft af, at konstruktionen er flad og har stor ruhed.
- Betonmure har typisk en levetid på ca. 50 år. Skråningsbeskyttelser har meget lang levetid.
- I den sidste ende skal betonmurene fjernes og erstattes af anden kystbeskyttelse, når materialerne er nedbrudte og ikke længere kan vedligeholdes. Skråningsbeskyttelsen er permanent og skal primært forhøjes i takt med havspejlsstigningen.
- Skråningsbeskyttelsen medfører, at det ikke er muligt at gå langs kysten og løsningen har således lav rekreativ værdi. Konstruktionen er lavere end en mur og påvirker derved udsigten fra ejendommene mindre end en tilsvarende mur.
- Kystbeskyttelse med eksisterende betonmure og skråningsbeskyttelse kan i sig selv ikke håndtere bølgeoverskyl, som vil kunne udgøre et problem i baglandet.
- Anlægsomkostningerne er typisk mindre ved vedligeholdelse af eksisterende betonmure i forhold til nye mure. Skråningsbeskyttelsen skal lægges oveni. Kernen af skråningsbeskyttelsen kan opbygges af ren overskudsjord og omkostningerne hertil er således minimal.
- Betonmure har typisk et stort CO₂-aftryk, men kan formodentligt reduceres ved at bygge videre på eksisterende mure. Dertil skal lægges CO₂-bidrag til skråningsbeskyttelserne.
- Betonmurene vil ikke have en positiv indvirkning på natur og biodiversitet. Den nederste del af skråningsbeskyttelsen vil være dækket af vand, og der vil herved opstå et marint habitat langs kysten, som vokser i takt med havspejlsstigningen.



Figur 4-9 Type 05 - Skråningsbeskyttelser, principsnit



Figur 4-10 Type 05 - Skråningsbeskyttelser, plan

4.7 Type 06 - Skråningsbeskyttelser og strand foran

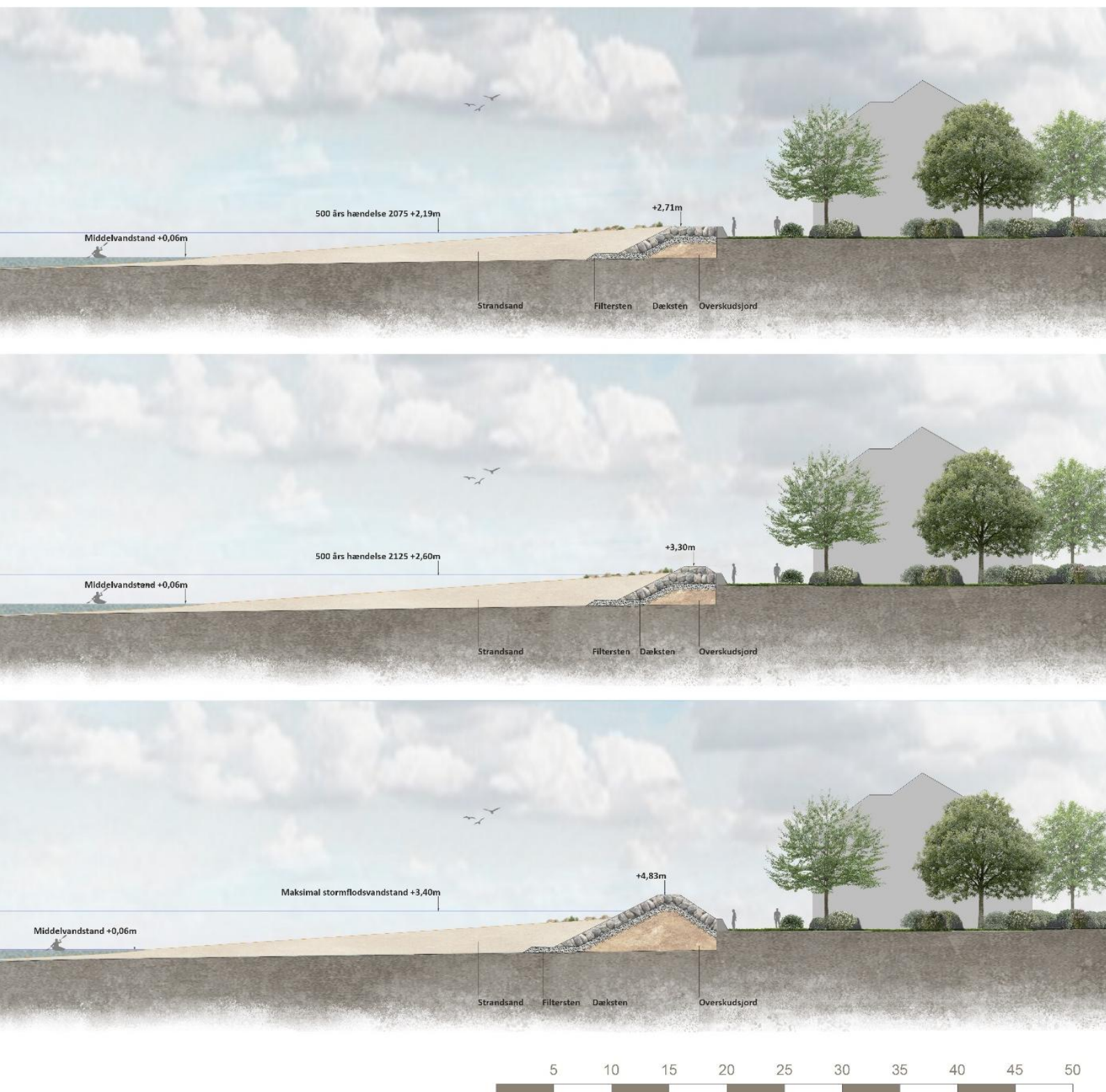
Type 06 omfatter forhøjelse af eksisterende betonmure med skråningsbeskyttelse og sandstrand samt høfder foran, se Figur 4-11 og Figur 4-12.

Der er betonmure langs en stor del af kysten i Hellerup i dag. Murene har forskellig højde og opbygning. Eksisterende betonmure kan forhøjes i et vist omfang med nuværende fundamenter og tilstand. Det foreslås, at eksisterende betonmure forhøjes til ca. +3,0 m DVR90, og at der anlægges skråningsbeskyttelse og strand foran. Forhøjelse af murene skal ske med udgangspunkt i tilstanden af de enkelte konstruktioner langs kysten for at sikre ensartet styrke og sikringsniveau.

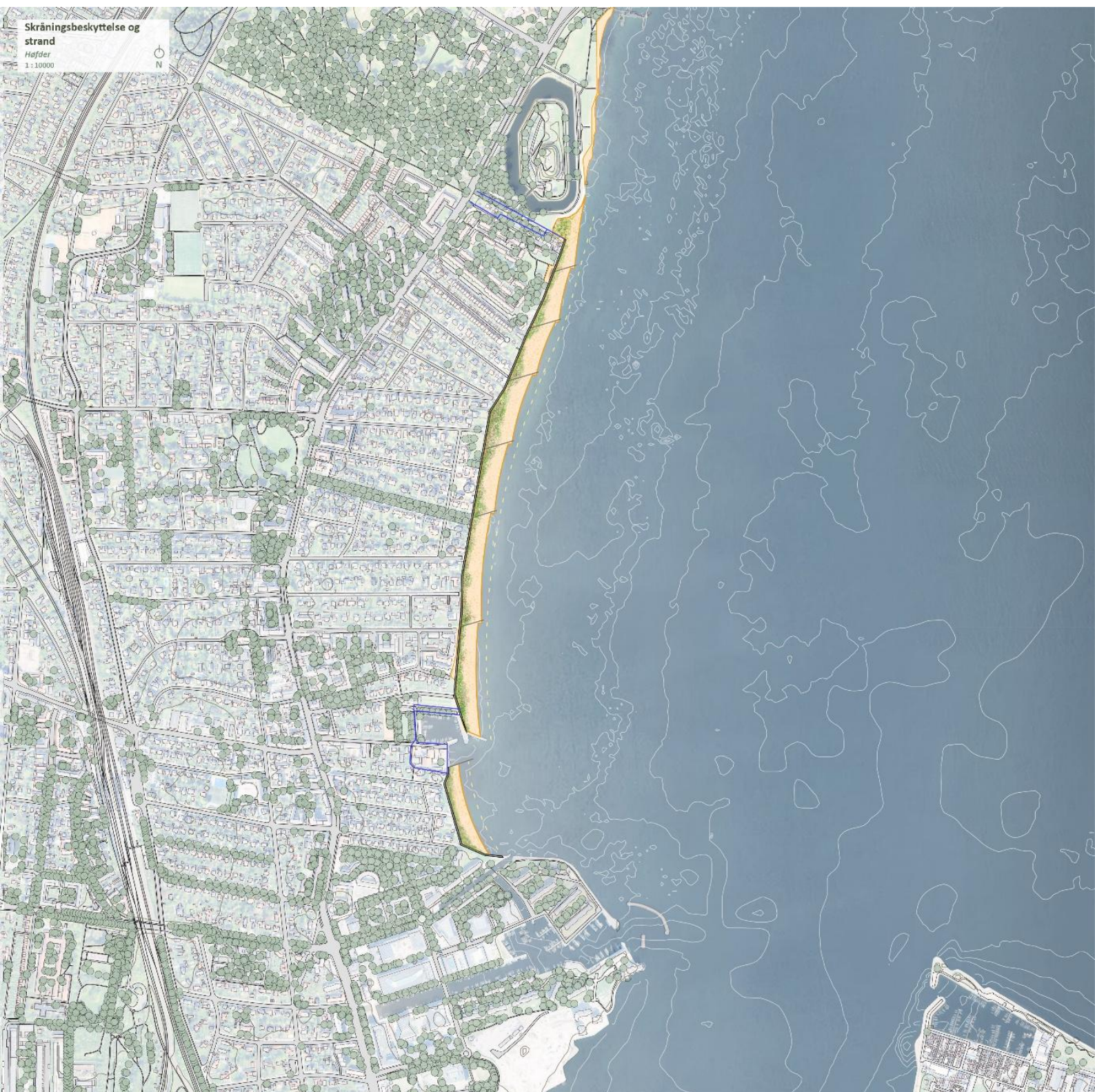
For denne type kystbeskyttelse gælder:

- Betonmurene er lodrette og resulterer derfor i et forholdsvis stort bølgeoverskyl. Murene skal derfor være højere end øvrige løsninger for at give samme beskyttelse mod bølgeoverskyl. Murens højde kan reduceres betydeligt ved at anlægge skråningsbeskyttelse og strand foran. Stranden vil medføre, at bølgenes højde reduceres, før de rammer skråningsbeskyttelsen, og skråningsbeskyttelsen vil reducere bølgeoverskyllet i kraft af, at konstruktionen er flad og har stor ruhed.
- Betonmure har typisk en levetid på ca. 50 år. Skråningsbeskyttelser har lang levetid.
- Stranden medfører, at højden af skråningsbeskyttelsen og murene skal forhøjes betydeligt mindre i fremtiden. I sidste ende skal betonmurene fjernes og erstattes af anden kystbeskyttelse, når materialerne er nedbrudte og ikke længere kan vedligeholdes. Skråningsbeskyttelsen er permanent og skal primært forhøjes i takt med havspejlsstigningen.
- Stranden skal løbende vedligeholdes som følge af kronisk og akut erosion. Strandens værdi vil således kunne opretholdes i fremtiden. Høfderne reducerer vedligeholdelsesbehovet og sikrer en ensartet beskyttelse langs stranden.
- Stranden foran skråningsbeskyttelsen medfører, at det er muligt at gå langs kysten og forbedrer derved den rekreative værdi af kystbeskyttelsen i henhold til hensynene beskrevet i kystbeskyttelsesloven. Betonmurene og skråningsbeskyttelser vil medvirke til at adskille de private matrikler fra den offentligt tilgængelige strand foran. Mure og skråningsbeskyttelser vil desuden være med til at reducere eventuelle gener ved sandfygning. Der kan evt. plantes marehalm foran skråningsbeskyttelsen for at reducere sandfygning, som med tiden kan sprede sig til forside og top af konstruktionen.
- Kystbeskyttelse med eksisterende betonmure, skråningsbeskyttelse og strand kan i sig selv ikke håndtere bølgeoverskyl, som vil kunne udgøre et problem i baglandet.
- Anlægsomkostningerne er typisk mindre ved vedligeholdelse af eksisterende betonmure i forhold til nye mure. Skråningsbeskyttelsen skal lægges oveni. Kernen af skråningsbeskyttelsen kan opbygges af ren overskudsjord og omkostningerne hertil er således minimal. Omkostninger til stranden skal lægges oven i og herunder vedligeholdelsesfodring med års mellemrum.
- For at reducere vedligeholdelsesbehovet for stranden kan der anlægges høfder og/eller strandøer langs stranden. Herved reduceres den kystparallelle sedimenttransport og derved vedligeholdelsesbehovet. Høfder og strandøer kan medvirke til at fange tang, og det må derfor forventes, at strandene skal renses for tang hvert år for at opretholde en god rekreativ værdi.

- Betonmure har typisk et stort CO₂-aftryk, men kan formodentligt reduceres ved at bygge videre på eksisterende mure. Dertil skal lægges CO₂-bidrag fra anlæggelse af skråningsbeskyttelse og strandfodring, samt anlæggelse af høfder og/eller strandøer.
- Betonmurene vil ikke have en positiv indvirkning på natur og biodiversitet. Stranden vil kunne skabe en grøn kile foran skråningsbeskyttelsen og derved øge naturværdien af kystbeskyttelsen i et mindre omfang. På sigt kan vegetationen sprede sig til skråningsbeskyttelsen, hvilket vil øge bredden af den grønne kile.



Figur 4-11 Type 06 - Skråningsbeskyttelser og strand, principsnit



Figur 4-12 Type 06 - Skråningsbeskyttelser og strand, plan med høfder (alternativt strandøer)

4.8 Type 07 - Dige og strand foran

Type 07 omfatter anlæggelse af et dige af kalkstabiliseret overskudsjord foran eksisterende betonmure, samt sandstrand og høfder foran, se Figur 4-13 og Figur 4-14.

Oversvømmelsesbeskyttelse udformes traditionelt som lerdige med sandkerne. Traditionelle lerdiger bevokses med græs, som skal holdes tætklippet for at sikre digets styrke. Det kræver vedligeholdelse at holde et tæt græsdække, hvor græsset som minimum skal slås 2-3 gange hver sommer.

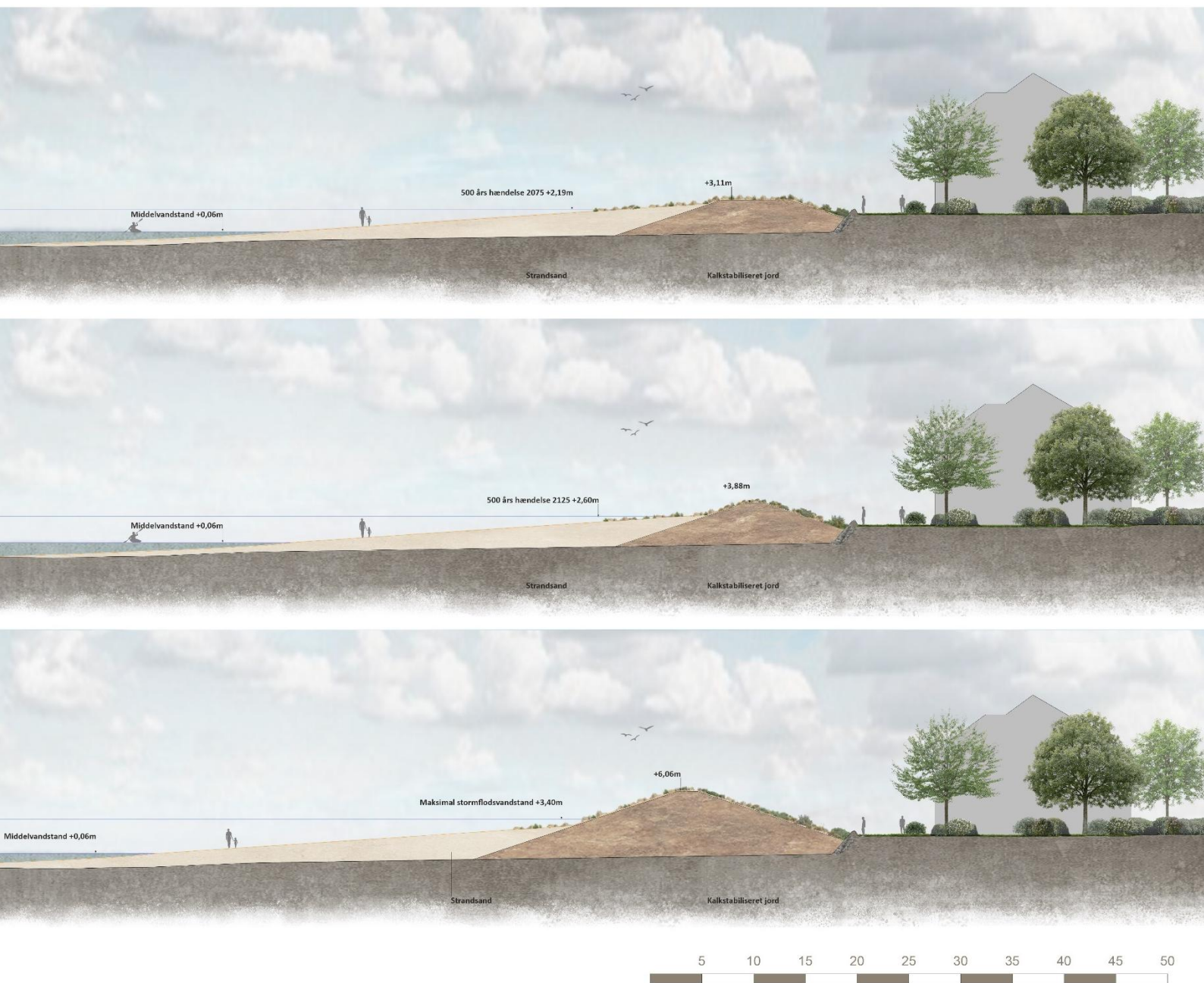
Alternativt kan diget opbygges af kalkstabiliseret jord med et tyndt vegetationsdække. Digets form vil være den samme, uanset om diget opbygges som traditionelt lerdige eller opbygges af kalkstabiliseret jord.

Kalkstabilisering foregår ved at udlægge overskudsjord med et lerindhold på over ca. 15%. Jorden blandes med ca. 2% brændt kalk og komprimeres i lag på ca. 25 cm tykkelse. Jorden bliver herefter hård som svag beton og kan modstå bølger og høj vandstand i forbindelse med de opstillede stormflodsscenarier. Den hårde overflade giver kun i begrænset omfang mulighed for, at diget dækkes af vegetation. Der udlægges derfor et tyndt næringsfattigt vækstlag på ca. 15 cm hen over diget for at give mulighed for, at vegetation efterfølgende kan dække diget og medvirke til at reducere sandfygning ind i haverne bagved. Vækstlaget er svagere, og det kan derfor blive nødvendigt at genetablere dele af vækstlaget efter meget ekstreme stormflodshændelser med betydeligt bølgeoverskyl. Kernen af diget opbygget af kalkstabiliseret jord forventes ikke at skulle vedligeholdes i betydeligt omfang.

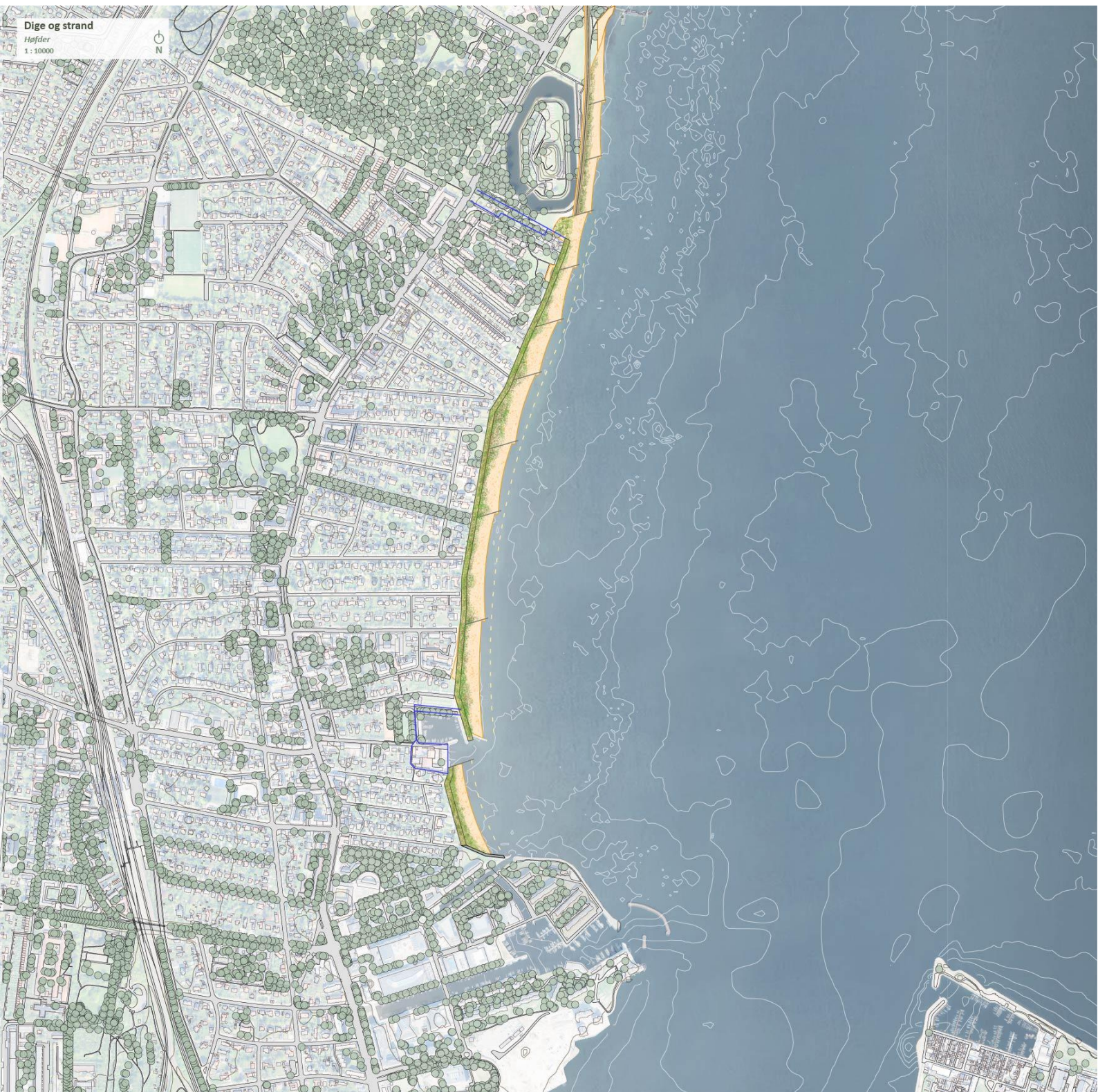
For denne type kystbeskyttelse gælder:

- Diger opbygget af kalkstabiliseret jord beskytter mod vandgennemstrømning.
- Jorddiger af kalkstabiliseret jord kan forhøjes på sigt uden videre og udgør således basis for en adaptiv strategi for kystbeskyttelsen af Hellerup. Vækstlaget fjernes, hvorefter digerne kan forhøjes uden videre.
- Stranden medfører, at højden af diget skal forhøjes betydeligt mindre i fremtiden. Diget er permanent og skal primært forhøjes i takt med havspejlsstigningen.
- Stranden skal løbende vedligeholdes som følge af kronisk og akut erosion. Strandens værdi vil således kunne opretholdes i fremtiden. Høfderne reducerer vedligeholdelsesbehovet og sikrer en ensartet beskyttelse langs stranden.
- Stranden foran diget medfører, at det er muligt at gå langs kysten og forbedrer derved den rekreative værdi af kystbeskyttelsen i henhold til hensynene beskrevet i kystbeskyttelsesloven. Diget vil medvirke til at adskille de private matrikler fra den offentligt tilgængelige strand foran. Diget vil desuden være med til at reducere eventuelle gener ved sandfygning. Der kan evt. plantes marehalm på diget og den øverste del af stranden for at reducere sandfygning
- Det er muligt at anlægge en mindre grøft mellem eksisterende mure og det nye dige, hvilket kan medvirke til at håndtere bølgeoverskyl. En del af det vand, der kommer ind over diget ved bølgeoverskyl kan pumpes væk fra den lille grøft. Grøften er dog ikke bred nok til at håndtere alt bølgeoverskyl.
- Anlægsomkostningerne er typisk mindre ved anvendelse af overskudsjord. På den anden side skal overskudsjorden til opbygning af diget kalkstabiliseres for at gøre diget robust. Omkostninger til stranden skal lægges oven i og herunder vedligeholdelsesfodring med års mellemrum.

- For at reducere vedligeholdelsesbehovet for stranden kan der anlægges høfder og/eller strandøer langs stranden. Herved reduceres den kystparallelle sedimenttransport og derved vedligeholdelsesbehovet. Høfder og strandøer kan medvirke til at fange tang, og det må derfor forventes, at strandene skal renses for tang hvert år for at opretholde en god rekreativ værdi.
- Kalkstabiliseret jord har typisk et relativt stort CO₂-aftryk, men har et lavt ressourceforbrug som følge af brug af overskudsjord. Dertil skal lægges CO₂-bidrag fra strandfodring, samt anlæggelse af høfder og/eller strandøer.
- Diget og stranden vil skabe en grøn kile langs kysten og derved øge naturværdien af kystbeskyttelsen.



Figur 4-13 Type 07 - Dige og strand, principsnit



Figur 4-14 Type 07 - Dige og strand, plan med høfder (alternativt strandøer)

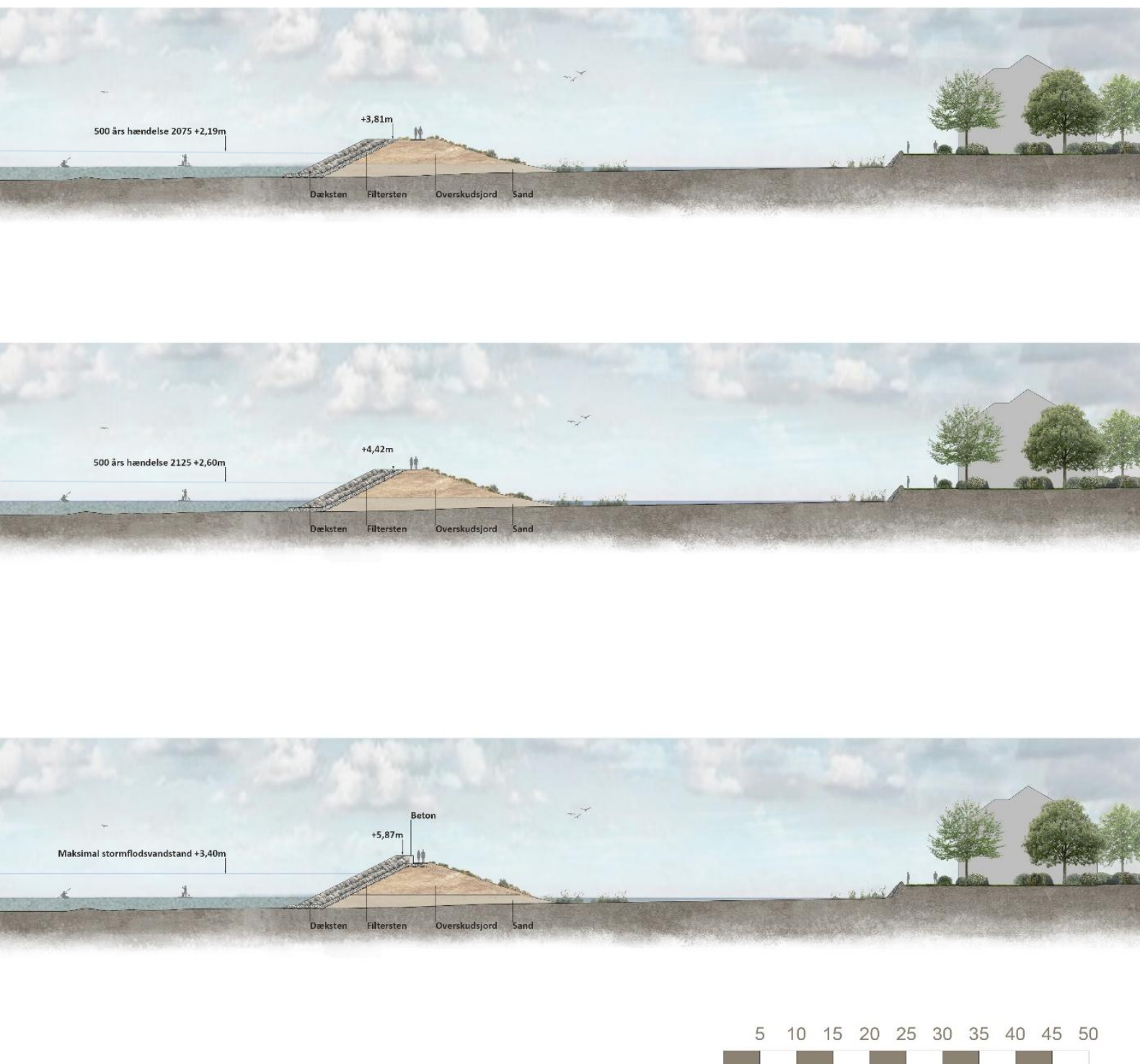
4.9 Type 08 - Fremskudt barriereø med dige og skråningsbeskyttelse

Type 08 omfatter anlæggelse af fremskudt barriereø med dige og skråningsbeskyttelse, se Figur 4-15 og Figur 4-16.

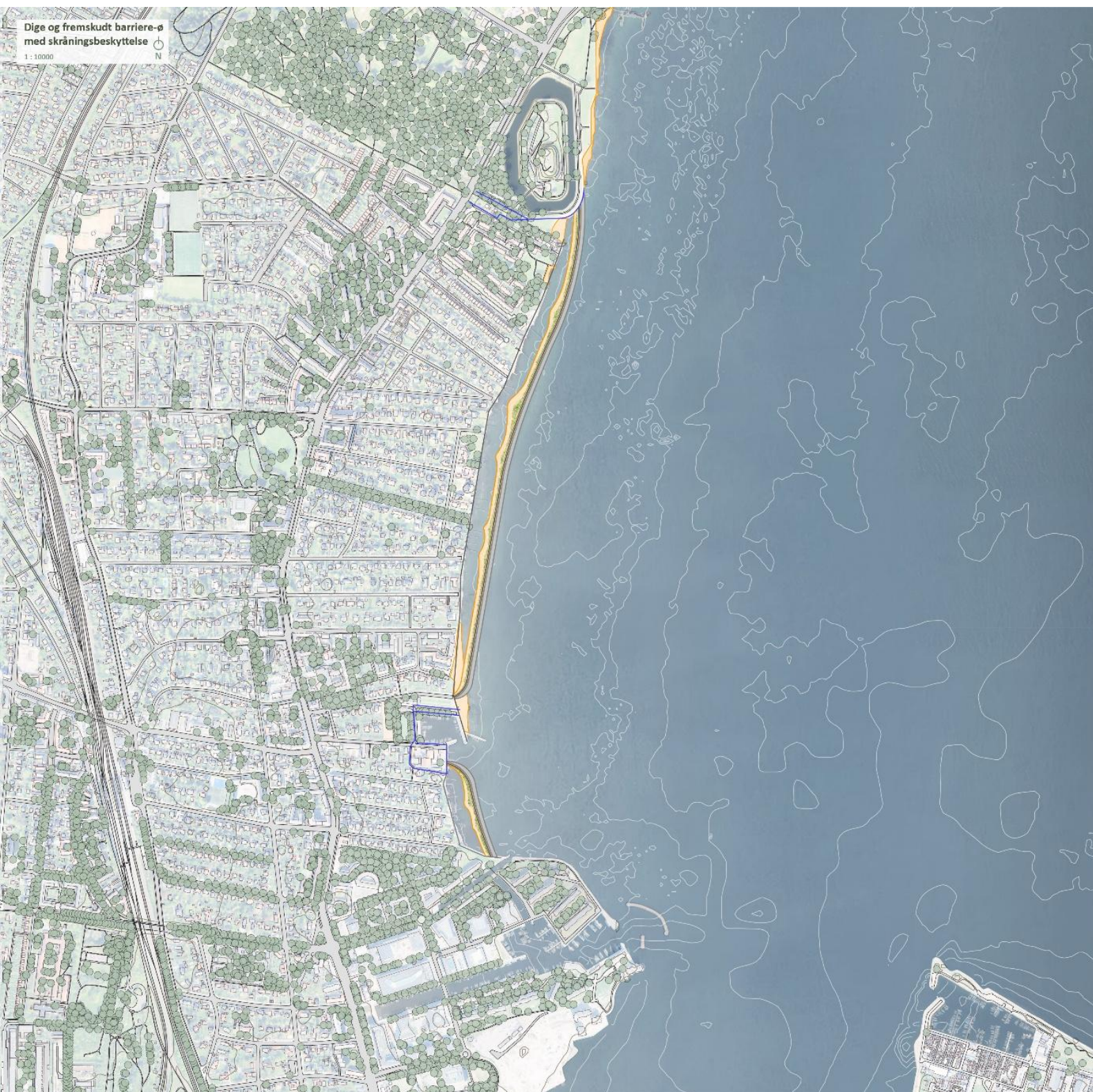
Diget opbygges af overskudsjord med et tyndt vegetationsdække. Kernen af barriereøen under vandet opbygges af sand for at sikre tilstrækkelig komprimering. Der anlægges en skråningsbeskyttelse af sten på forsiden af barriereøen for at beskytte mod erosion og reducere bølgeoverskyllet.

For denne type kystbeskyttelse gælder:

- Diger opbygget af overskudsjord beskytter mod vandgennemstrømning.
- Jorddige og skråningsbeskyttelse kan forhøjes på sigt uden videre og udgør således basis for en adaptiv strategi for kystbeskyttelsen af Hellerup.
- Diget vil kunne anvendes til en promenadesti langs kysten uden at påvirke de private matrikler direkte.
- Der skabes en lagune mellem den fremskudte barriereø og nuværende kystbeskyttelse. Lagunen kan anvendes til håndtering af alt bølgeoverskyl, skybrud og på sigt til at regulere grundvandet i området ved pumpning.
- Anlægsomkostningerne er højere for den fremskudte barriereø med skråningsbeskyttelse foran end tilsvarende beskyttelse langs nuværende kyst, da der skal anvendes større mængder materiale.
- Der anvendes dog i størst mulig omfang overskudsjord. På den anden side skal der anlægges en skråningsbeskyttelse af sten for at beskytte diget mod bølger.
- Løsningen har et mindre ressourceforbrug i og med, at der anvendes overskudsjord i størst muligt omfang. På den anden side skal der anvendes mange sten til at beskytte barriereøen mod bølger, hvilket giver et betydeligt CO₂-aftryk.
- Den fremskudte barriereø med dige vil skabe en bred grøn kile langs kysten både over og under vandet og derved øge naturværdien af kystbeskyttelsen betydeligt. Skråningsbeskyttelsen af sten vil skabe et betydeligt marint habitat langs kysten.



Figur 4-15 Type 08 - Fremskudt barrierør med dige og skråningsbeskyttelse, principsnit



Figur 4-16 Type 08 - Fremskudt barrierø med dige og skråningsbeskyttelse

4.10 Type 09 - Fremskudt barriereø med dige og strand foran

Type 09 omfatter anlæggelse af fremskudt barriereø med dige af kalkstabiliseret overskudsjord og sandstrand samt høfder foran, se Figur 4-17 og Figur 4-18.

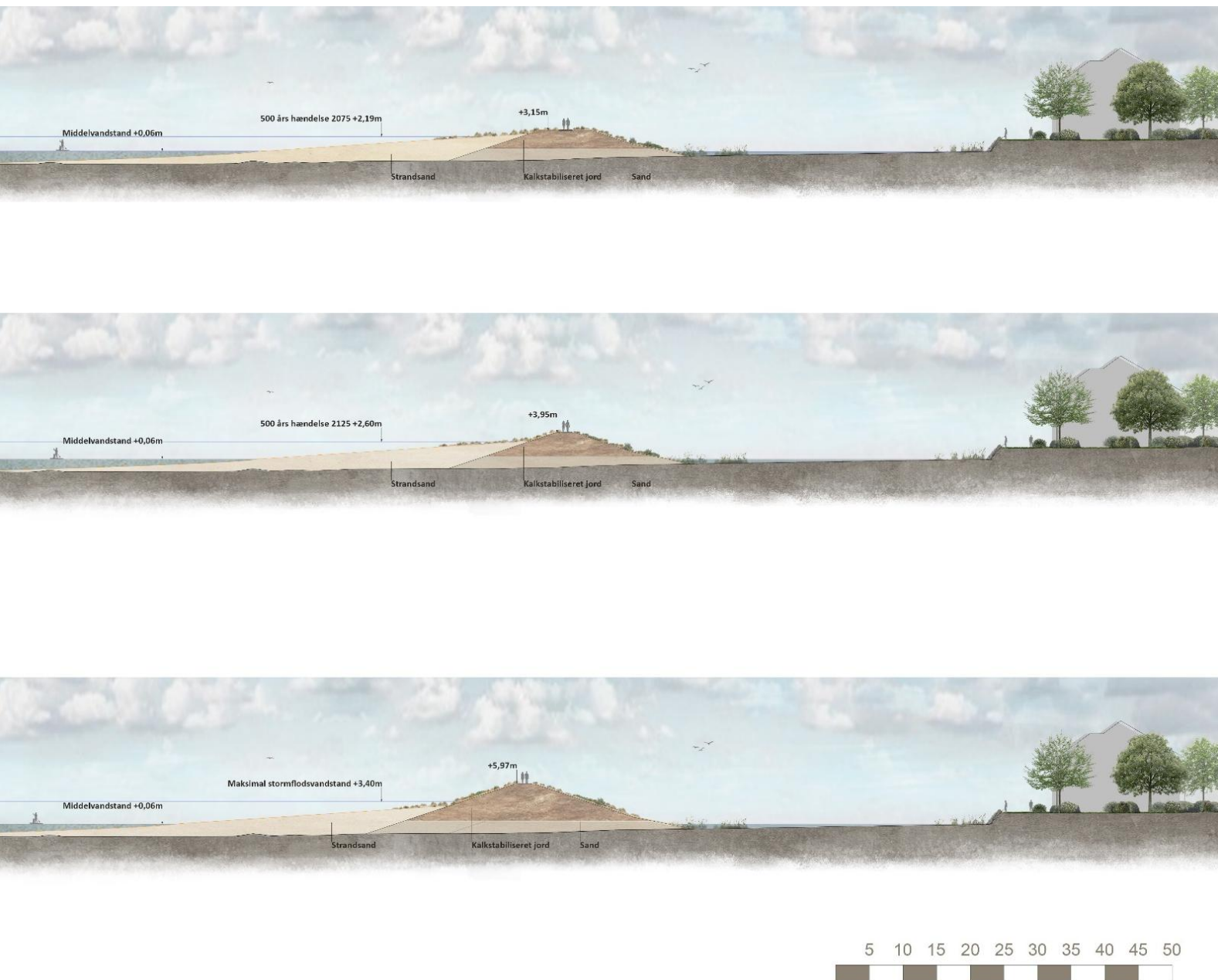
Diget opbygges af kalkstabiliseret jord med et tyndt vegetationsdække. Kernen af barriereøen under vandet opbygges af sand for at sikre tilstrækkelig komprimering. Kalkstabilisering foregår ved at udlægge overskudsjord med et lerindhold på over ca. 15% over vandet. Jorden blandes med ca. 2% brændt kalk og komprimeres i lag på ca. 25 cm tykkelse. Jorden bliver herefter hård som svag beton og kan herefter modstå bølger og høj vandstand i forbindelse med de opstillede stormflodsscenarioer. Den hårde overflade giver kun i begrænset omfang mulighed for, at diget dækkes af vegetation. Der udlægges derfor et tyndt næringsfattigt vækstlag på ca. 15 cm hen over diget for at give mulighed for, at vegetation efterfølgende kan dække diget og medvirke til at reducere sandfygning. Vækstlaget er svagere, og det kan derfor blive nødvendigt at genetablere dele af vækstlaget efter meget ekstreme stormflodshændelser med betydeligt bølgeoverskyl. Kernen af diget opbygget af kalkstabiliseret jord forventes ikke at skulle vedligeholdes i betydeligt omfang.

For denne type kystbeskyttelse gælder:

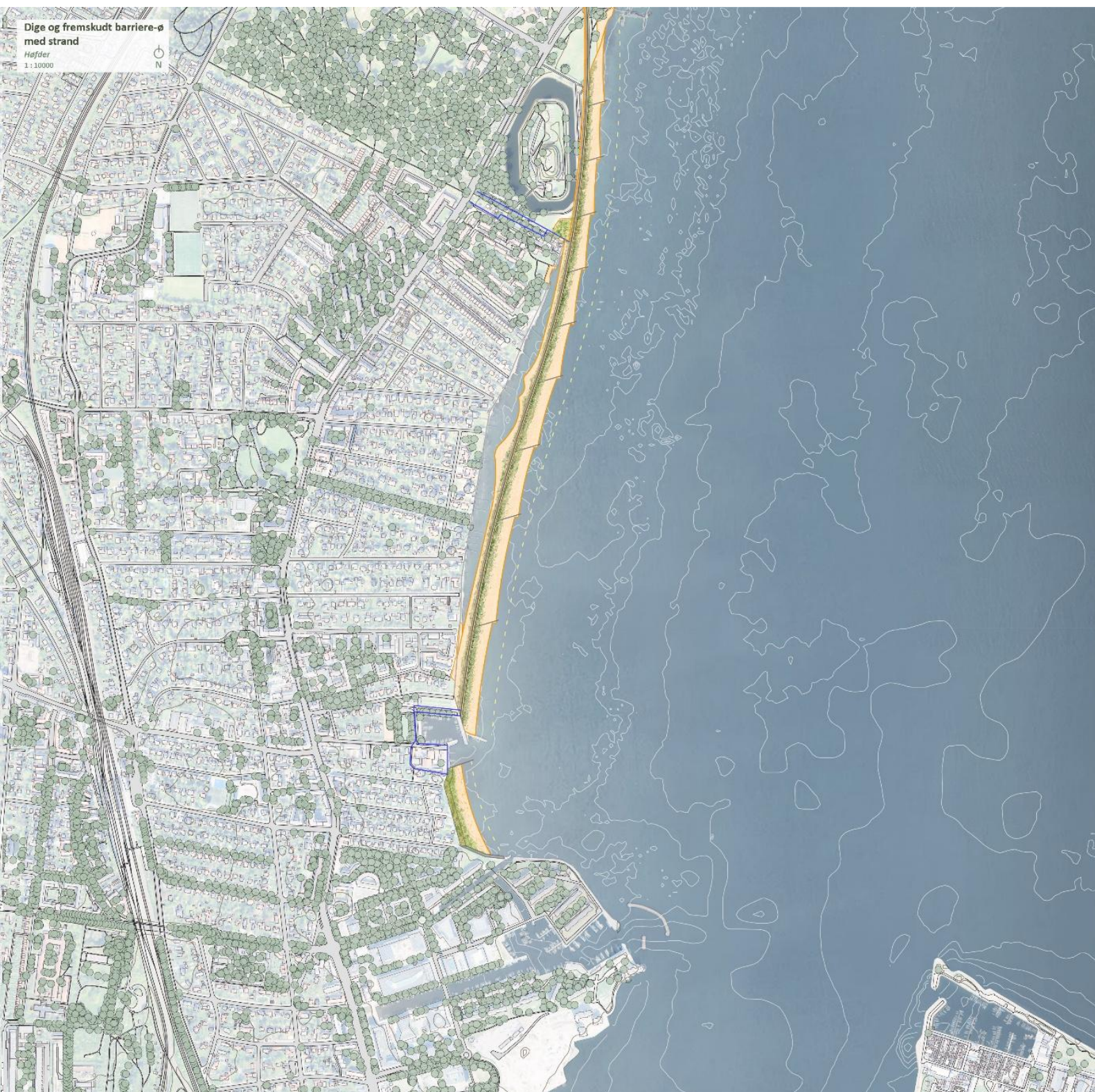
- Diger opbygget af kalkstabiliseret jord beskytter mod vandgennemstrømning.
- Jorddiger af kalkstabiliseret jord kan forhøjes på sigt uden videre og udgør således basis for en adaptiv strategi for kystbeskyttelsen af Hellerup. Vækstlaget fjernes, hvorefter digerne kan forhøjes uden videre.
- Stranden medfører, at højden af diget skal forhøjes betydeligt mindre i fremtiden. Diget er permanent og skal primært forhøjes i takt med havspejlsstigningen.
- Stranden skal løbende vedligeholdes som følgende af kronisk og akut erosion. Strandens værdi vil således kunne opretholdes i fremtiden. Høfderne reducerer vedligeholdelsesbehovet og sikrer en ensartet beskyttelse langs stranden.
- Stranden foran diget medfører, at det er muligt at gå langs kysten og forbedrer derved den rekreative værdi af kystbeskyttelsen i henhold til hensynene beskrevet i kystbeskyttelsesloven. Diget vil kunne anvendes til en promenadesti langs kysten uden at påvirke de private matrikler direkte.
- Der kan evt. plantes marehalm på diget og den øverste del af stranden for at reducere sandfygning.
- Der skabes en lagune mellem den fremskudte barriereø og nuværende kystbeskyttelse. Lagunen kan anvendes til håndtering af alt bølgeoverskyl, skybrud og på sigt til at regulere grundvandet i området ved pumpning.
- Anlægsomkostningerne er højere for den fremskudte barriereø end tilsvarende dige og strand langs nuværende kyst, da der skal anvendes større mængder materiale. Der anvendes dog i størst mulig omfang overskudsjord. På den anden side skal overskudsjorden til opbygning af diget kalkstabiliseres for at gøre diget robust. Omkostninger til stranden skal lægges oven i og herunder vedligeholdelsesfodring med års mellemrum.
- For at reducere vedligeholdelsesbehovet for stranden kan der anlægges høfder og/eller strandøer langs stranden. Herved reduceres den kystparallelle sedimenttransport og derved

vedligeholdelsesbehovet. Høfder og strandøer kan medvirke til at fange tang, og det må derfor forventes, at strandene skal renses for tang hvert år for at opretholde en god rekreativ værdi.

- Kalkstabiliseret jord har typisk et stort CO₂-aftryk, men har et lavt ressourceforbrug som følge af brug af overskudsjord. Dertil skal lægges CO₂-bidrag fra strandfodring, samt anlæggelse af høfder og/eller strandøer.
- Den fremskudte barriereø med dige og strand vil skabe en bred grøn kile langs kysten både over og under vandet og derved øge naturværdien af kystbeskyttelsen betydeligt.



Figur 4-17 Type 09 - Fremskudt barrierø med dige og strand, principsnit



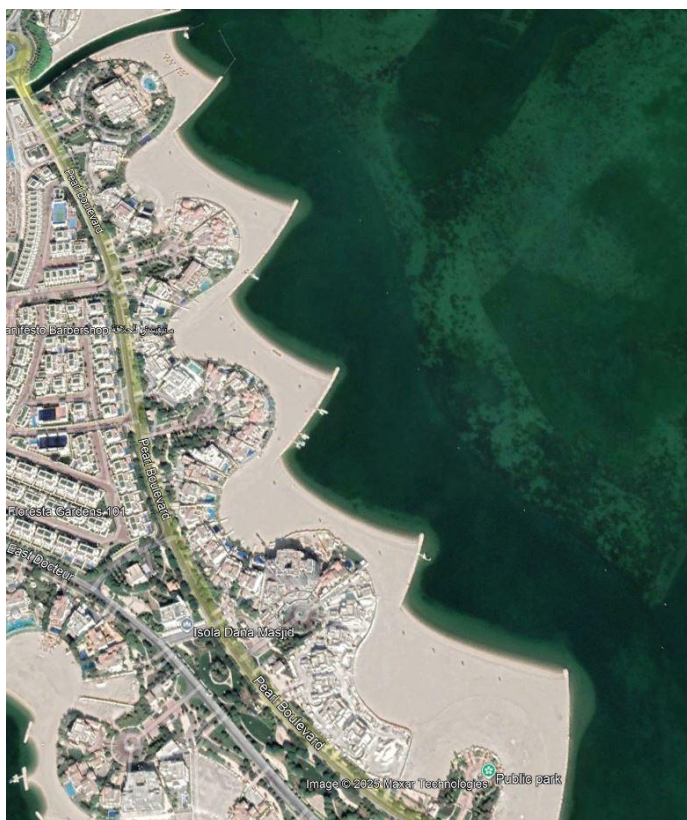
Figur 4-18 Type 09 - Fremskudt barriereø med dige og strand, plan med højder (alternativt strandøer)

4.11 Høfder ved anlæg af strand

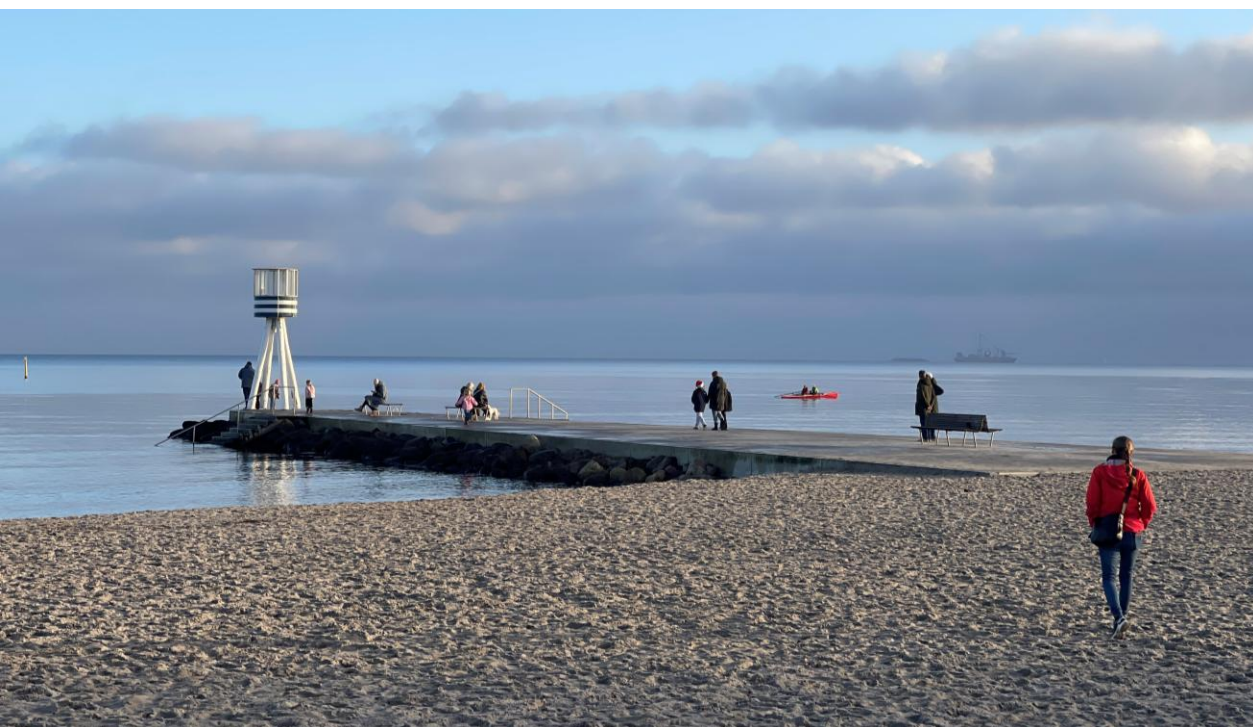
Nye sandstrande i Hellerup kan stabiliseres med høfder og herved reduceres behovet for vedligeholdelsesforanstaltninger med sand. Høfder er meget effektive til at stabilisere stranden, som i Gentofte også har været erfaringen med anlæggelse af høfder ved Bellevue Strand. Høfder anvendes mange steder og har forskellig udformning og dimensioner. Figur 4-19 og Figur 4-20 viser eksempler på høfder fra Qatar. Figur 4-21 viser foto og ortofoto af høfder og strand ved Bellevue Strand.



Figur 4-19 Foto af høfder ved The Pearl, Qatar

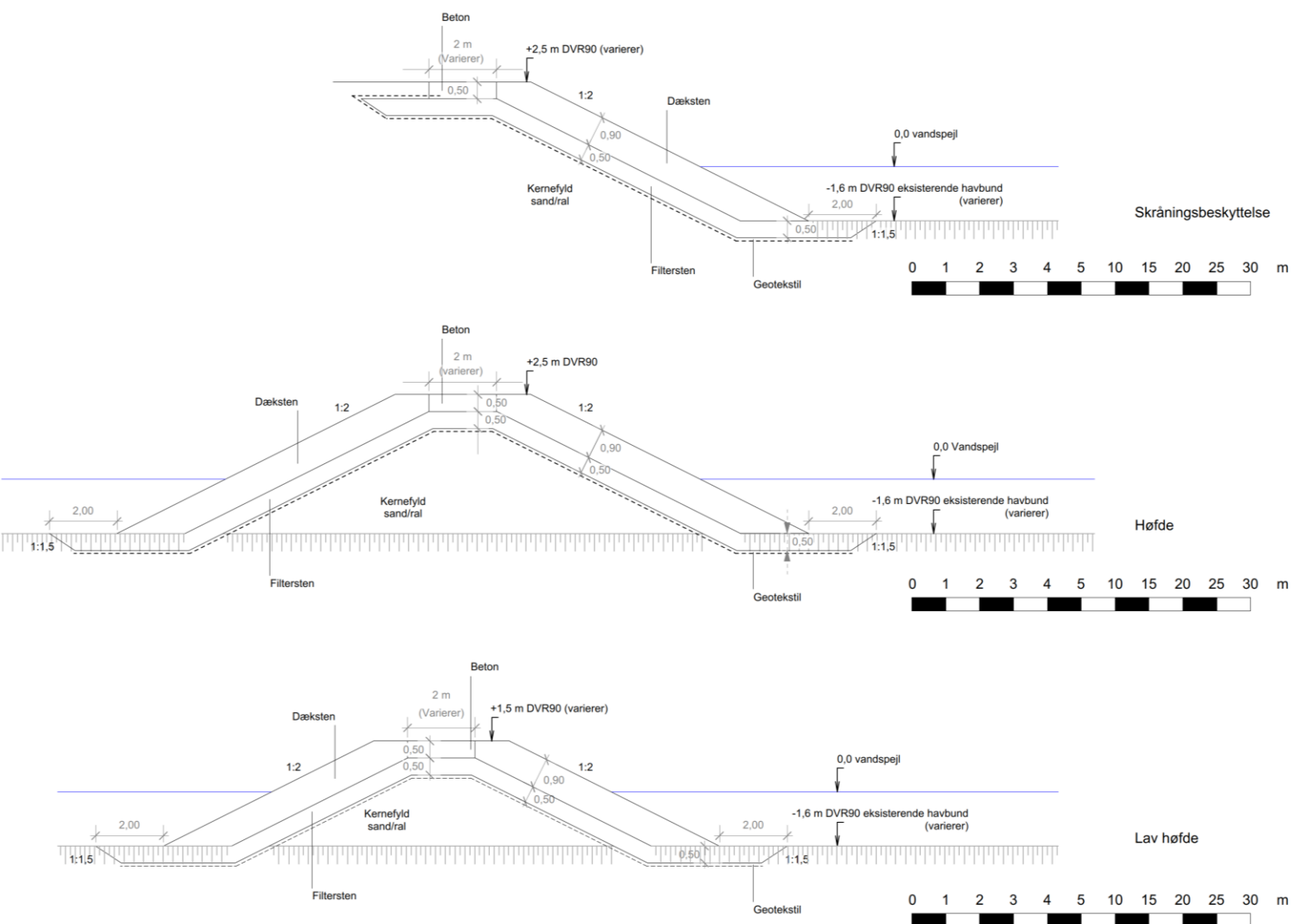


Figur 4-20 Orthofoto af høfder, tv. The Pearl, Qatar. Th. Ras Umleigih, Qatar

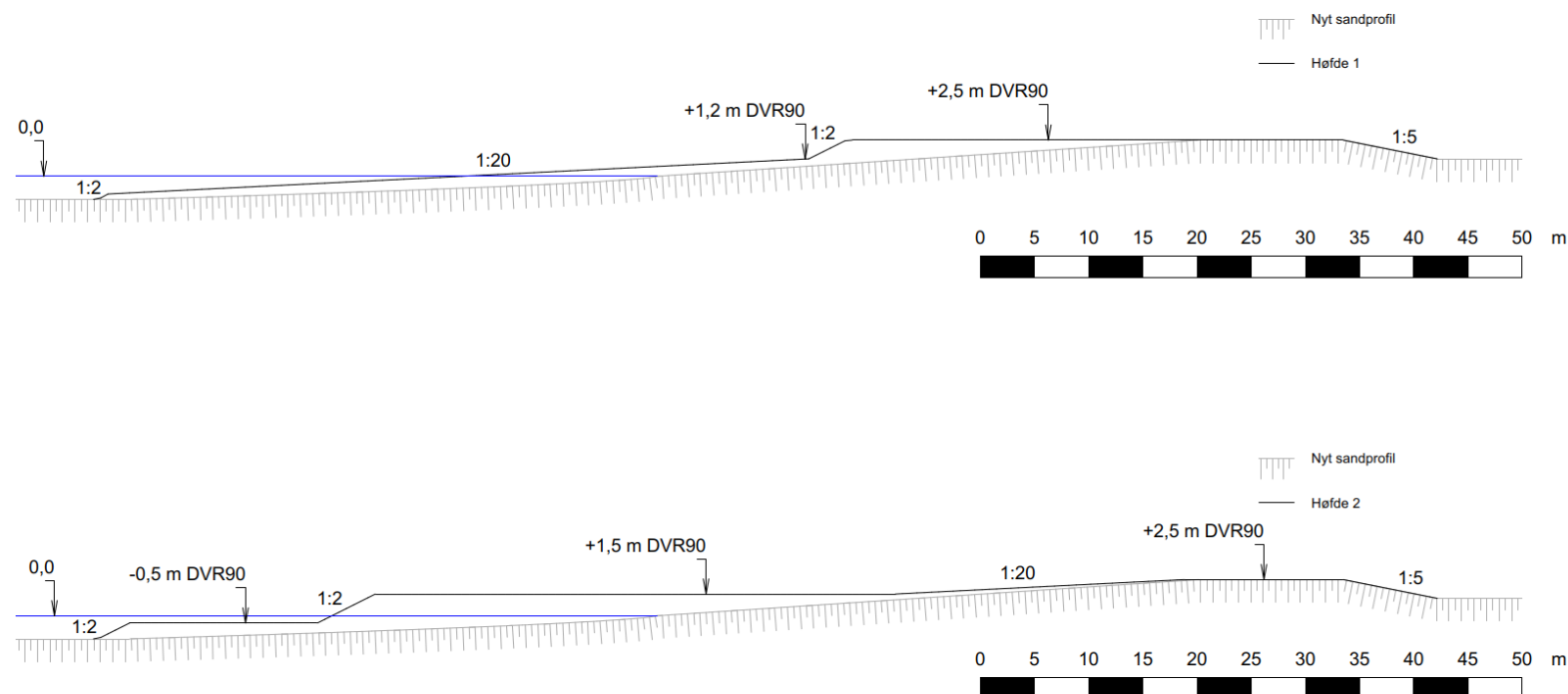


Figur 4-21 Foto og orthofoto af høfder og strand ved Bellevue Strand

Figur 4-22 og Figur 4-23 viser eksempler på tværsnit og længdesnit af høfder, som de kunne se ud i Hellerup. Antal og dimensioner af høfder, der er nødvendige for at reducere vedligeholdelsen af en eventuel lang sandstrand i Hellerup, skal optimeres yderligere for at give et retvisende anlægsoverslag for kystbeskyttelse med anlæg af sandstrande. Høfderne kan udformes med betondæk for at give sikker adgang til færdsel på h fden og derved øge den rekreative værdi af konstruktionerne. Der vil også kunne tilføjes trapper og badebroer samt mulighed for fortøjning af mindre både. Udformningen af hver enkelt høfde kan tilpasses de lokale ønsker til, hvilken funktionalitet konstruktionen skal kunne give og herunder afvejning af anlægsudgifterne.



Figur 4-22 Højde, principsnit. Inderst mod land udformet som skråningsbeskyttelse (øverste snit) og med lavere højde ud mod havet (midterste og nederste snit)



Figur 4-23 Høfde, længdesnit

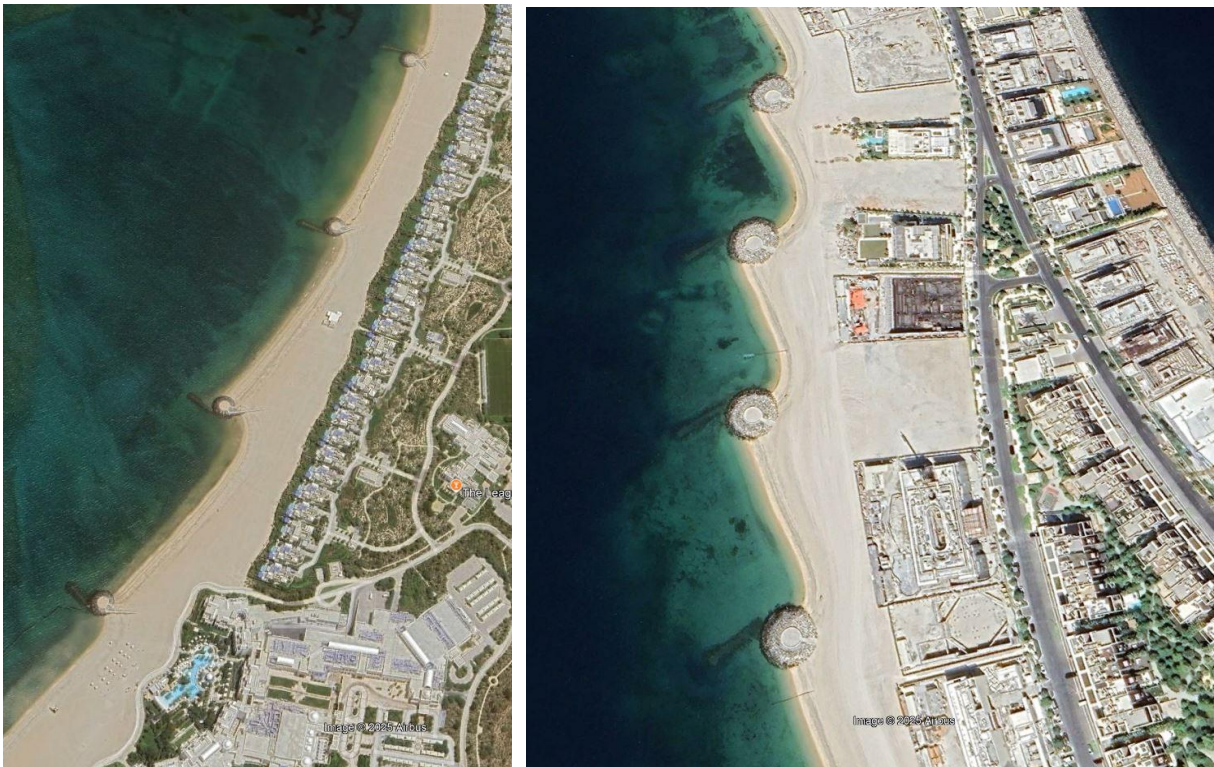
4.12 Strandøer ved anlæg af strand

Nye sandstrande i Hellerup kan stabiliseres med strandøer og herved reduceres behovet for vedligeholdelsesfodringer med sand. Figur 4-24 og Figur 4-25 viser eksempler på strandøer fra Qatar og Dubai.

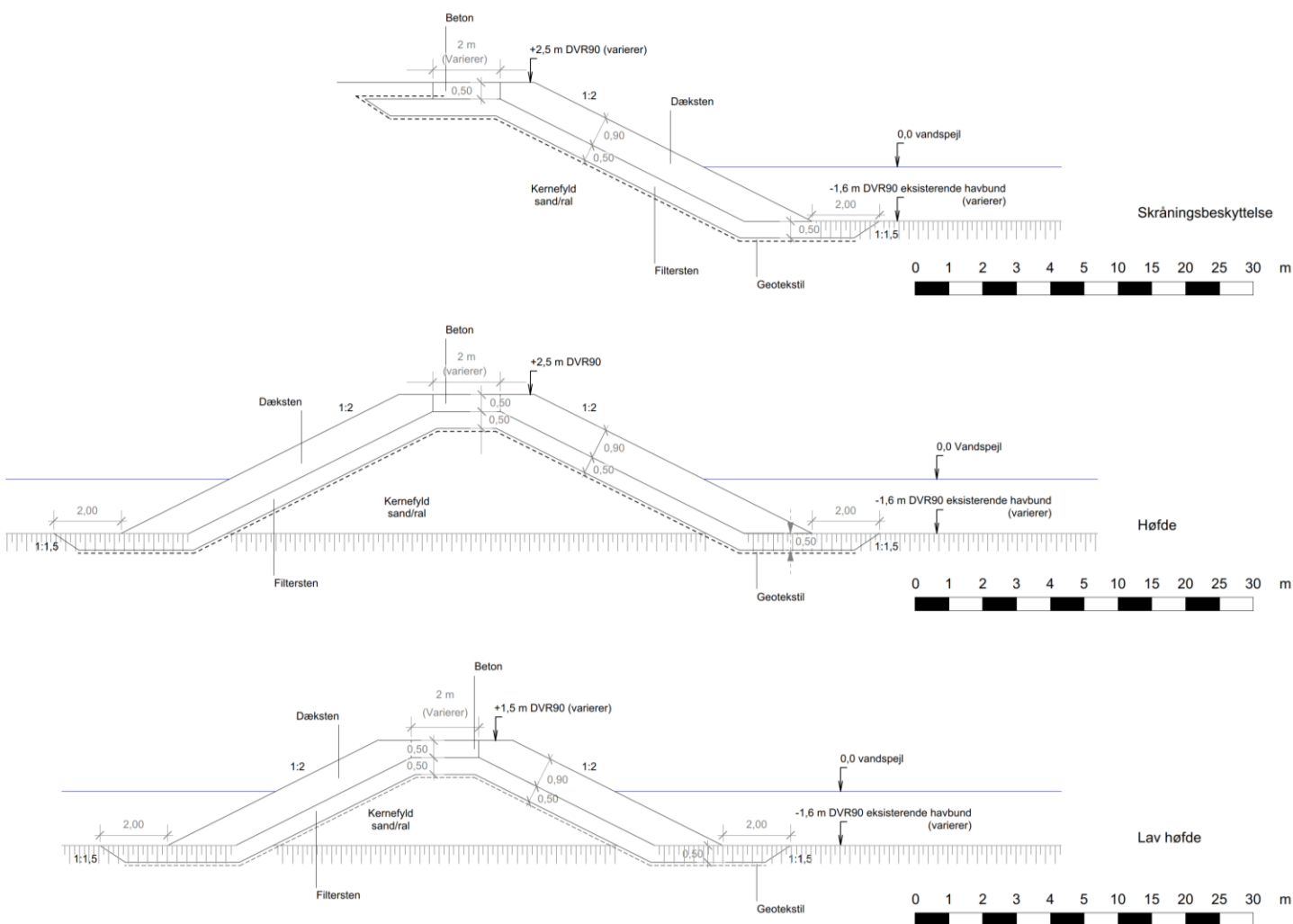
Figur 4-26 og Figur 4-27 viser eksempler på tværsnit og længdesnit af strandøer, som de kunne se ud i Hellerup. Antal og dimensioner af strandøer, der er nødvendige for at reducere vedligeholdelsen af en eventuel lang sandstrand i Hellerup, skal optimeres yderligere for at give et retvisende anlægsoverslag for kystbeskyttelse med sandstrande. Strandøerne kan udformes med betondæk for at give sikker adgang til færdsel på konstruktionen og derved øge den rekreative værdi. Der vil også kunne tilføjes trapper og badebroer samt mulighed for fortøjning af mindre både. Udformningen af hver enkelt strandø kan tilpasses de lokale ønsker til, hvilken funktionalitet konstruktionen skal kunne give og herunder afvejning af anlægsudgifterne. Strandøer og høfder kan kombineres langs kysten ud fra lokale behov og ønsker.



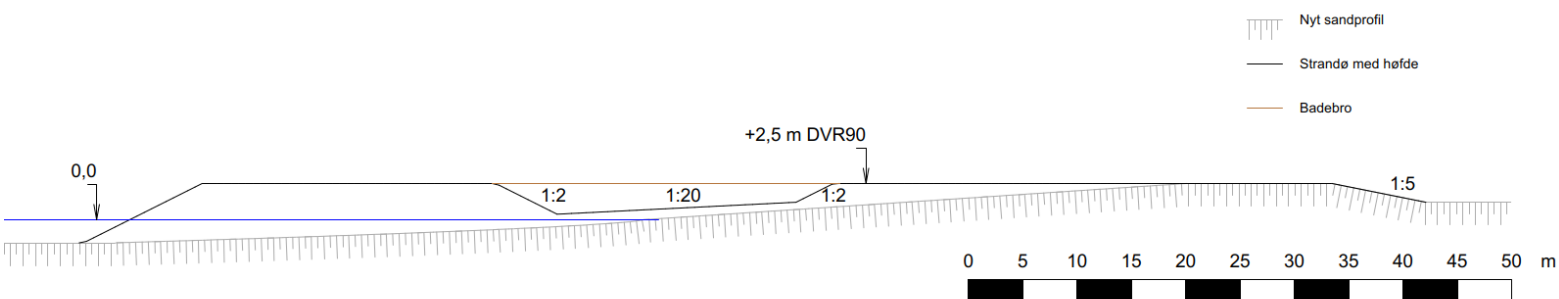
Figur 4-24 Foto af strandø, Salwa Beach, Qatar



Figur 4-25 Orthofoto af strandøer, tv. Salwa Beach Resort, Qatar. Th. Jumerah Island, Dubai



Figur 4-26 Strandø, principsnit



Figur 4-27 Strandø, længdesnit

4.13 Topkoter af kystbeskyttelsesløsninger

Tabel 4-1 og Figur 4-28 viser sammenfattende en oversigt over beregnede topkoter af kystbeskyttelsesløsningerne for de i afsnit 3.4 beskrevne scenarier medregnet bølgetillæg:

- 500 årshændelse med en levetid på 50 år, +2,2 m DVR90 (2075).
- 500 årshændelse med en levetid på 100 år, +2,6 m DVR90 (2125).
- Maksimal vandstand, +3,4 m DVR90 (2075) jf. (Kystdirektoratet/DMI, 2024)

Tabel 4-1 Topkote af kystbeskyttelsesløsninger for 500 års hændelse i 2075 (designvandstand +2,2 m DVR90), 2125 (designvandstand +2,6 m DVR90) og 2075 (designvandstand +3,4 m DVR90)

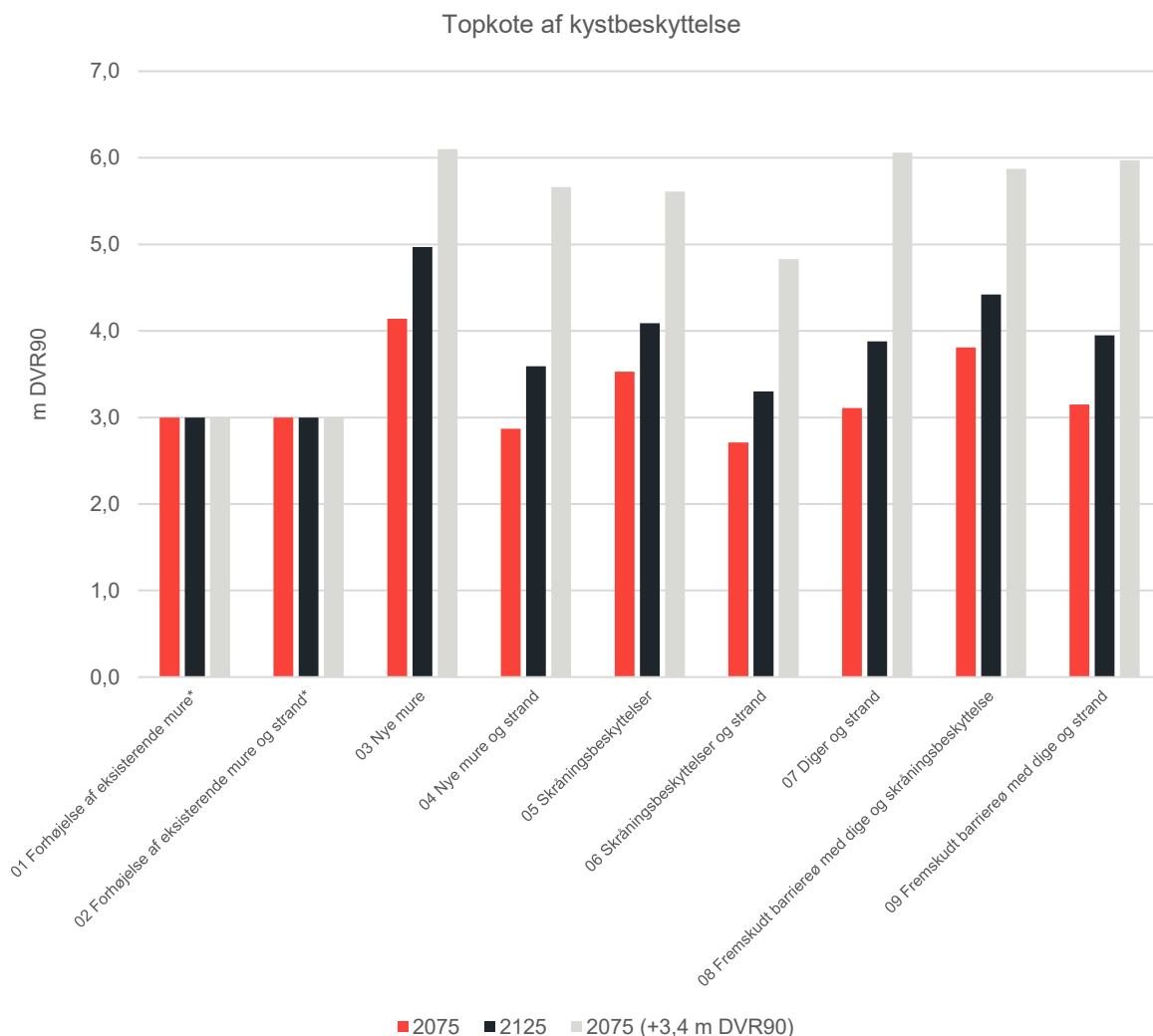
Type	Beskrivelse	Topkote (m DVR90) 2075 (+2,2 m DVR90)	Topkote (m DVR90) 2125 (+2,6 m DVR90)	Topkote (m DVR90) 2075 (+3,4 m DVR90)
01	Forhøjelse af eksisterende mure	+3,00*	+3,00*	+3,00*
02	Forhøjelse af eksisterende mure og strand	+3,00	+3,00*	+3,00*
03	Nye spunsmure	+4,14	+4,97	+6,10
04	Nye spunsmure og strand	+2,87	+3,59	+5,66
05	Skråningsbeskyttelser	+3,53	+4,09	+5,61
06	Skråningsbeskyttelser og strand	+2,71	+3,30	+4,83
07	Diger og strand	+3,11	+3,88	+6,06
08	Fremskudt barriere-ø med dige og skråningsbeskyttelse	+3,81	+4,42	+5,87
09	Fremskudt barriere-ø med dige og strand	+3,15	+3,95	+5,97

*maksimal mulig højde, derfor beskytter løsningen til mindre end en 500-årshændelse

Lodrette mure giver typisk større bølgeoverskyl end fladere og mere porøse konstruktioner med fx stenskråning foran. Lodrette mure skal derfor være højere end tilsvarende skråningsbeskyttelser af sten. WSP anbefaler, at der anlægges en fladere skråning af sten eller kalkstabiliseret overskudsjord som en central del af den fremtidige kystbeskyttelse for at reducere højden af kystbeskyttelsen.

Analyserne viser, at de løsninger, der indeholder strand, kan være betydelige lavere end de løsninger, der kun har højvandmure. Dette skyldes, at stranden reducerer bølgerne, før de når ind til højvandsmuren. WSP anbefaler, at der i alle tilfælde anlægges en strand som en central del af den fremtidige kystbeskyttelse i Hellerup for at reducere højden af kystbeskyttelsen.

Der er anvendt samme strandprofil med en topkote på +2,75 m DVR90 foran kystbeskyttelsen i alle scenarier med strand. Stranden skal forhøjes i takt med havspejlsstigningen for at opretholde den nødvendige beskyttelse af højvandssikringen bagved.



Figur 4-28 Topkoter af kystbeskyttelse for 500 års hændelse i 2075 (designvandstand +2,2 m DVR90), 2125 (designvandstand +2,6 m DVR90) og 2075 (designvandstand +3,4 m DVR90)
***maksimal mulig højde, derfor beskytter løsningen til mindre end en 500-års hændelse**

Det er kompliceret at gennemføre forhøjelse af et samlet kystbeskyttelsesprojekt. Det kan derfor vise sig fordelagtigt at undersøge, hvor højt borgerne kan acceptere, at kystbeskyttelsen er og designe projektet derudfra forudsat, at designvandstanden er højere end minimum på +2,2 m DVR90.

4.14 Adaptiv tilgang til kystbeskyttelse

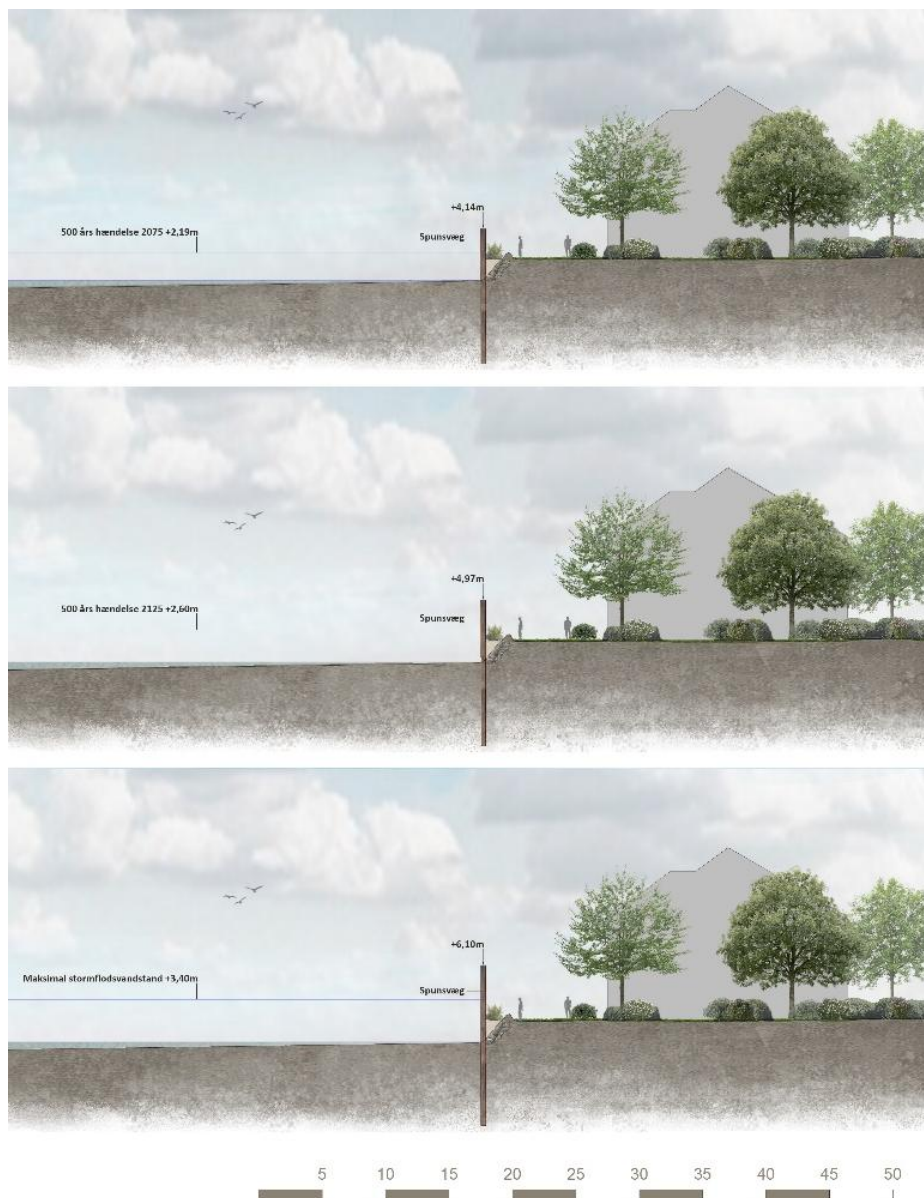
Figur 4-29, Figur 4-30 og Figur 4-31 viser 3 eksempler på, hvordan kystbeskyttelsen kan forhøjes og udbygges over tid vist for de i afsnit 3.4 beskrevne scenarier:

- 500 årshændelse med en levetid på 50 år, +2,2 m DVR90 (2075).
- 500 årshændelse med en levetid på 100 år, +2,6 m DVR90 (2125).
- Maksimal vandstand, +3,4 m DVR90 (2075) jf. (Kystdirektoratet/DMI, 2024)

4.14.1 Eksempel 1: Nye spunsmure

Højvandsmure kan forhøjes i tilfælde af, at fundamentet er forberedt til de øgede belastninger, og at muren er robust nok til at blive forhøjet. Ofte vil man kunne forlænge levetiden af en stålspuns ved at støbe en betonmur udenpå. I den sidste ende vil hele anlægget dog skulle udskiftes, da beton og stål har begrænset levetid. Muren alene er derfor ikke en løsning, som på lang sigt er fuld adaptiv.

Derudover skal en højvandsmur af stål eller beton være forholdsvis høj for at beskytte mod bølgeoverskyl, og som det fremgår af figurerne vil højden af murene på sigt reducere udsigten fra villaerne langs kysten og fra haverne.



Figur 4-29 Adaptiv tilgang til kystbeskyttelse med nye spunsmure

4.14.2 Eksempel 2: Skråningsbeskyttelse med strand foran

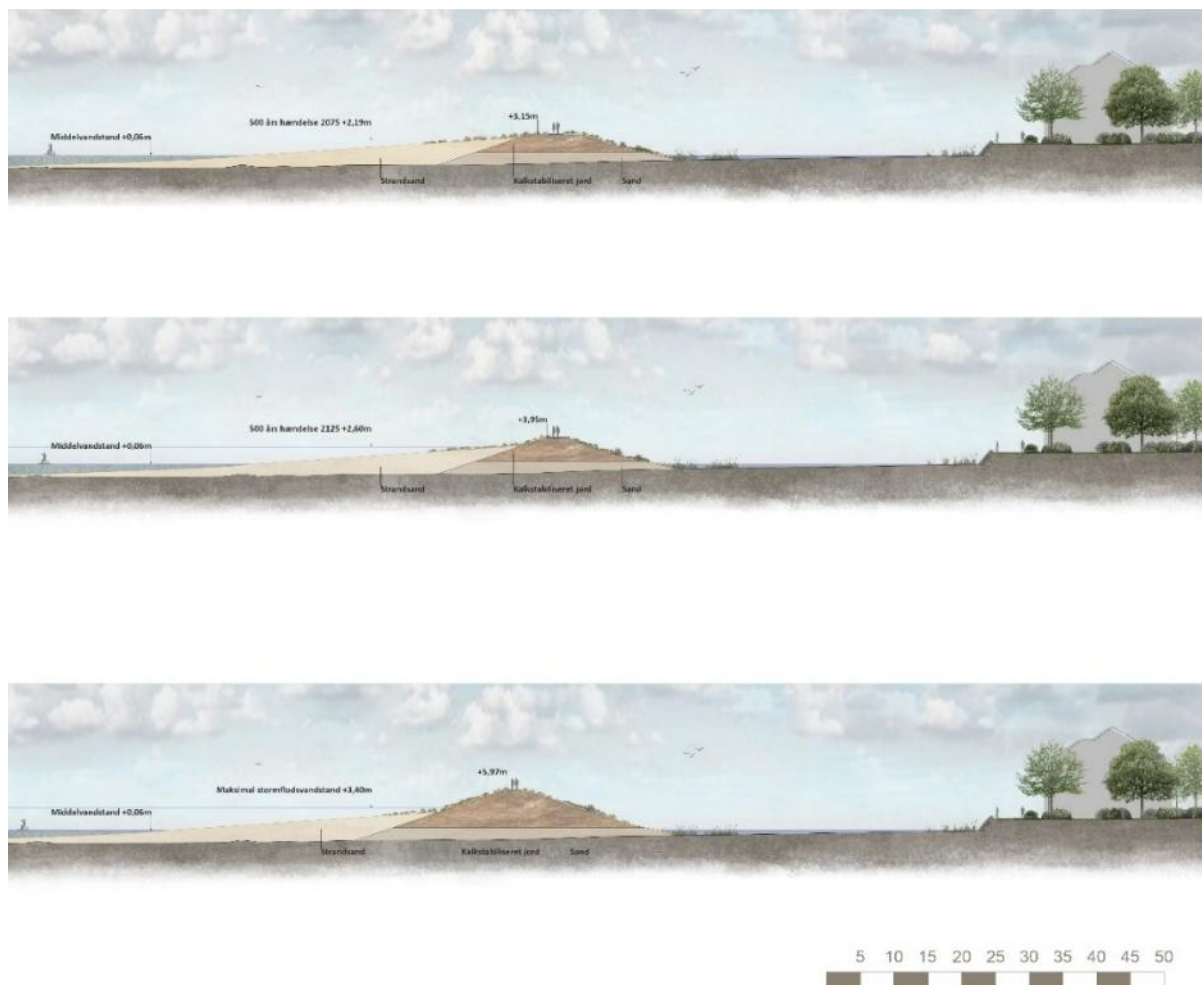
En anden mulighed er at anlægge en skråningsbeskyttelse af sten foran eksisterende mure. Murene kan beskytte mod forhøjet vandstand og skråningsbeskyttelsen kan beskytte mod bølgeoverskyl. Denne løsning kan forhøjes et stykke ud i fremtiden, evt. kombineret med forhøjelse af haverne bagved. Skråningsbeskyttelsen skal være betydeligt lavere end muren alene i forhold til at beskytte mod bølgeoverskyl. For at reducere højden af skråningsbeskyttelse og mur, kan der anlægges en strand foran. Stranden skal vedligeholdes, men kan forhøjes i fremtiden. Det samme kan skråningsbeskyttelsen i forhold til at reducere bølgeoverskyllet. Muren skal hæves på sigt, hvilket i sidste ende medfører, at murens fundament eller arealet bagved skal forstærkes eller forhøjes.



Figur 4-30 Adaptiv tilgang til kystbeskyttelse med skråningsbeskyttelse og strand foran

4.14.3 Eksempel 3: Fremskudt barriereø med strand foran

Den fremskudte barriereø med strand foran opbygget af kalkstabiliseret overskudsjord kan forhøjes uden videre i fremtiden uanset, hvor meget vandstanden stiger. Diget kan beskyttes med en strand, som også kan forhøjes i takt med havspejlet. Høfderne kan også forhøjes med nye sten og evt. nyt betondæk.



Figur 4-31 Adaptiv tilgang til kystbeskyttelse med fremskudt barriereø med strand foran

Analyser viser samlet, at løsninger med beton og stål både har en begrænset levetid og kræver større ombygninger på sigt for at fungere.

Løsninger med overskudsjord og kalkstabiliseret overskudsjord samt sand og sten kan forhøjes langt ud i fremtiden uden større ombygninger.

5 ANLÆGSOVERSLAG

Der er udarbejdet overordnede anlægsoverslag for de forskellige typer af kystbeskyttelsesløsninger, som er beskrevet i kapitel 4. Anlægsoverslagene er baseret på WSP's erfaringspriser indsamlet i 2024 og 2025 i forbindelse med en række kystbeskyttelsesprojekter og havneprojekter, se Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Enhedspriser for materialer til opbygning af kystbeskyttelse

Materiale	Benyttede priser	Enhed
Tilpasning af eks. terræn	100	kr./m3
Ler (membran)	375	kr./m3
Jord til digefyld (levering og indbygning)	0	kr./m3
Kalkstabiliseret jord	160	kr./m3
Geotekstil	100	kr./m2
Sand (indbygning under vand)	150	kr./m3
Sandfodring	150	kr./m3
Dæksten	750	kr./m3
Filtersten	650	kr./m3
Beton	8.000	kr./m3
Spunsvæg	1.250	kr./m2
Spunsvæg - træbeklædning	1.000	kr./m

Tabel 5-2 viser anlægsoverslag per meter for de skitserede kystbeskyttelsesløsninger og opstillede designscenarier. Overslagene er uden moms og generelle projektkomkostninger f.eks. rådgivning, mobilisering og usikkerhed m.m.

Løsningerne er generelt designet således, at de umiddelbart kan forhøjes fra en levetid på 50 år til 100 år. Der er således ikke ret stor forskel på priserne for scenarierne med designvandstand på +2,2m DVR90 og +2,6 m DVR90. Det er ikke alle løsninger, der umiddelbart kan bygges videre på til at beskytte mod en vandstand på +3,4 m DVR90. Løsningerne til det høje scenarie er betydeligt dyrere end de to mindre scenarier.

Tabel 5-3 viser samlede anlægsoverslag for de skitserede kystbeskyttelsesløsninger og opstillede scenarier. Overslagene er med generelle projektkomkostninger f.eks. rådgivning, mobilisering og usikkerhed m.m. Anlægsoverslagene indeholder ikke Tuborg Havn, Hellerup Havn og Charlottenlund Strandpark, samt strækningen nord herfor. Den samlede strækning, som er indeholdt, er 1.700 m.

Anlægsoverslagene inkluderer også hølfer i løsningsforslag med ny strand langs kysten. Der er ikke udarbejdet anlægsoverslag for løsninger med strandøer.

De billigste løsninger omfatter alene højvandsmure, medens de dyreste løsninger omfatter strand og fremskudt barriereø. Det skal pointeres, at forhøjelse af eksisterende mure alene ikke giver samme beskyttelse, som nye høje spunsmure og øvrige løsninger og er derfor ikke direkte sammenlignelige. Mure alene skal være betydeligt højere end løsninger med fladere skråning og strand foran.

Sammenlignes de løsninger, som indeholder strand og hølfer, er løsningen med kalkstabiliseret dige billigst på sigt.

Tabel 5-2 Anlægsoverslag for kystbeskyttelsesløsninger for opstillede designscenarier.
Pris per løbende meter, lbm

Løsningstype		Underelement	Enhed	Enhedspris (kr/enhed)		
				(+1,29 m DVR90)		
01	FORHØJELSE AF EKSISTERENDE MURE	Tilpasning af eks. terræn	lbm	20		
		Beton	lbm	6.960		
		Total	lbm	6.980		
				(+1,29 m DVR90)		
02	FORHØJELSE AF EKSISTERENDE MURE OG STRAND	Betonmur	lbm	6.960		
		Tilpasning af eks. terræn	lbm	20		
		Sand til strand	lbm	7.950		
		Sand til strand (under vand)	lbm	2.498		
		Total	lbm	17.428		
				+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)
03	NYE MURE	Tilpasning af eks. terræn	lbm	40	40	40
		Sand til opfyldning	lbm	261	261	261
		Spuns	lbm	12.244	15.356	19.594
		Spuns - træbeklædning	lbm	1.000	1.000	1.000
		Total	lbm	13.545	16.657	20.895
					+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)
04	NYE MURE OG STRAND	Betonmur	lbm	0	0	0
		Sand til fyld	lbm	261	261	261
		Tilpasning af eks. terræn	lbm	40	40	40
		Spuns	lbm	7.481	10.181	17.869
		Spuns - træbeklædning	lbm	1.000	1.000	1.000
		Sand til strand	lbm	8.202	8.141	8.141
		Sand til strand (under vand)	lbm	2.778	2.711	2.711
		Total	lbm	19.762	22.333	30.021
			+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	
05	SKRÅNINGSBESKYTTELSER	Betonmur	lbm	5.920	5.920	5.920
		Dæksten	lbm	8.175	9.345	12.240
		Filtersten	lbm	4.849	4.849	7.014
		Lermembran	lbm	0	0	0
		Jordkerne - fyld	lbm	0	0	0
		Geotekstil	lbm	1.460	1.460	2.110
		Tilpasning af eks. terræn	lbm	287	287	397
		Sand til strand	lbm	0	0	0
		Sand til strand (under vand)	lbm	0	0	0
		Total	lbm	20.691	21.861	27.681
			+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	
06	SKRÅNINGSBESKYTTELSER OG STRAND	Betonmur	lbm	5.920	5.920	5.920
		Dæksten	lbm	5.310	6.570	9.878
		Filtersten	lbm	3.653	3.653	5.844
		Lermembran	lbm	0	0	0
		Jordkerne - fyld	lbm	0	0	0
		Geotekstil	lbm	1.162	1.162	1.839
		Tilpasning af eks. terræn	lbm	226	226	336
		Sand til strand	lbm	6.999	6.963	6.987
		Sand til strand (under vand)	lbm	3.014	2.984	3.933
		Total	lbm	26.283	27.478	34.736
			+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	
07	DIGER OG STRAND	Lermembran	lbm	0	0	0
		Jordkerne - fyld	lbm	0	0	0
		Kalkstabiliseret jord	lbm	7.866	8.398	20.352
		Tilpasning af eks. terræn	lbm	445	445	719
		Sand til strand	lbm	6.840	6.845	7.010
		Sand til strand (under vand)	lbm	4.637	4.637	6.677
		Total	lbm	19.787	20.324	34.757
			+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	
08	FREMSKUDT BARRIEREØ MED SKRÅNINGSBESKYTTELSE	Betonsti	lbm	1.600	1.600	7.120
		Dæksten	lbm	11.730	13.223	16.508
		Filtersten	lbm	5.200	5.701	6.214
		Lermembran	lbm	0	0	0
		Jordkerne - fyld	lbm	0	0	0
		Geotekstil	lbm	1.725	1.824	2.100
		Tilpasning af eks. terræn	lbm	0	0	0
		Sand til strand	lbm	0	0	0
		Sand til strand (under vand)	lbm	6.501	6.501	6.395
		Total	lbm	26.756	28.848	38.336
			+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	
09	FREMSKUDT BARRIEREØ MED DIGE OG STRAND	Betonsti	lbm	1.600	1.600	1.600
		Jordkerne - fyld	lbm	0	0	0
		Kalkstabiliseret jord	lbm	6.717	7.418	17.038
		Tilpasning af eks. terræn	lbm	0	0	0
		Sand til strand	lbm	6.744	6.984	7.176
		Sand til strand (under vand)	lbm	18.842	19.140	23.256
		Total	lbm	33.902	35.142	49.070



Tabel 5-3 Anlægsoverslag for kystbeskyttelsestyper for opstillede designscenarier. Pris per løbende meter, lbm

					Løsningstype	01	02	03	03	03	04	04	04	05	05	05	06	06	06	07	07	07	08	08	08	09	09	09
					Vandstand m DVR90 (årstal)	-	-	+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)	+2,2 m (2075)	+2,6 m (2125)	+3,4 m (2075)
		Scenarie			Pris pr. enhed (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)	Samlet pris (kr)
	Løsningstype	Vandstand m DVR90 (årstal)	Længde	Enhed																								
01	FORHØJELSE AF EKSISTERENDE MURE	-				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1700	lbm	6.980	11.866.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	FORHØJELSE AF EKSISTERENDE MURE OG STRAND	-				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1700	lbm	17.428	-	29.626.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03	NYE MURE					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,2 m (2075)	1700	lbm	13.545	-	-	23.026.075	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,6 m (2125)	1700	lbm	16.657	-	-	-	28.317.325	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+3,4 m (2075)	1700	lbm	20.895	-	-	-	-	35.521.075	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04	NYE MURE OG STRAND					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,2 m (2075)	1700	lbm	19.762	-	-	-	-	-	33.595.825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,6 m (2125)	1700	lbm	22.333	-	-	-	-	-	37.966.525	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+3,4 m (2075)	1700	lbm	30.021	-	-	-	-	-	-	51.035.275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05	SKRÅNINGSBESKYTTELSER					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,2 m (2075)	1700	lbm	20.691	-	-	-	-	-	-	-	-	35.175.380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,6 m (2125)	1700	lbm	21.861	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.164.380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+3,4 m (2075)	1700	lbm	27.681	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.056.850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06	SKRÅNINGSBESKYTTELSER OG STRAND					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,2 m (2075)	1700	lbm	26.283	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44.681.610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,6 m (2125)	1700	lbm	27.478	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.711.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+3,4 m (2075)	1700	lbm	34.736	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.051.200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07	DIGER OG STRAND					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,2 m (2075)	1700	lbm	19.787	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.637.390	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,6 m (2125)	1700	lbm	20.324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.550.800	-	-	-	-	-	-	-
		+3,4 m (2075)	1700	lbm	34.757	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.086.220	-	-	-	-	-	-
08	FREMSKUDT BARRIEREØ MED SKRÅNINGSBESKYTTELSE					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,2 m (2075)	1700	lbm	26.756	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.485.200	-	-	-	-	-
		+2,6 m (2125)	1700	lbm	28.848	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.041.600	-	-	-	-
		+3,4 m (2075)	1700	lbm	38.336	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65.171.200	-	-	-
09	FREMSKUDT BARRIEREØ MED DIGE OG STRAND					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		+2,2 m (2075)	1700	lbm	33.902	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.633.910	-	-
		+2,6 m (2125)	1700	lbm	35.142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.740.720	-
		+3,4 m (2075)	1700	lbm	49.070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83.419.680
	Samlet pris					11.866.000	29.626.750	23.026.075	28.317.325	35.521.075	33.595.825	37.966.525	51.035.275	35.175.380	37.164.380	47.056.850	44.681.610	46.711.750	59.051.200	33.637.390	34.550.800	59.086.220	45.485.200	49.041.600	65.171.200	57.633.910	59.740.720	83.419.680
	Højfder		700	lbm	15.000	-	10.500.000	-	-	-	10.500.000	10.500.000	10.500.000	-	-	-	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	-	-	-	10.500.000	10.500.000	10.500.000
	Samlet pris med højfder			kr		11.866.000	40.126.750	23.026.075	28.317.325	35.521.075	44.095.825	48.466.525	61.535.275	35.175.380	37.164.380	47.056.850	55.181.610	57.211.750	69.551.200	44.137.390	45.050.800	69.586.220	45.485.200	49.041.600	65.171.200	68.133.910	70.240.720	93.919.680
	Mobilisering af entreprenør			kr	15%	1.779.900	6.019.013	3.453.911	4.247.599	5.328.161	6.614.374	7.269.979	9.230.291	5.276.307	5.574.657	7.058.528	8.277.242	8.581.763	10.432.680	6.620.609	6.757.620	10.437.933	6.822.780	7.356.240	9.775.680	10.220.087	10.536.108	14.087.952
	Rådgivning			kr	15%	1.779.900	6.019.013	3.453.911	4.247.599	5.328.161	6.614.374	7.269.979	9.230.291	5.276.307	5.574.657	7.058.528	8.277.242	8.581.763	10.432.680	6.620.609	6.757.620	10.437.933	6.822.780	7.356.240	9.775.680	10.220.087	10.536.108	14.087.952
	Uforudsete udgifter			kr	25%	2.966.500	10.031.688	5.756.519	7.079.331	8.880.269	11.023.956	12.116.631	15.383.819	8.793.845	9.291.095	11.764.213	13.795.403	14.302.938	17.387.800	11.034.348	11.262.700	17.396.555	11.371.300	12.260.400	16.292.800	17.033.478	17.560.180	23.479.920
	Total eksl. moms afrundet			kr		18.400.000	62.200.000	35.700.000	43.900.000	55.100.000	68.400.000	75.200.000	95.400.000	54.600.000	57.700.000	73.000.000	85.600.000	88.700.000	107.900.000	68.500.000	69.900.000	107.900.000	70.600.000	76.100.000	101.100.000	105.700.000	108.900.000	145.600.000

6 MULTIKRITERIEANALYSE AF KYSTBESKYTTESLØSNINGER

Der er udarbejdet en multikriterieanalyse til sammenligning af de udviklede kystbeskyttelsesløsninger ud fra en række kriterier, herunder; højde af kystbeskyttelse, udsigt og visuel påvirkning, mulighed for adaptiv udbygning, rekreative værdier, håndtering af bølgeoverskyl og skybrud, anlægsøkonomi, bæredygtighed, natur og biodiversitet, se Tabel 6-1. Tabellen er baseret på vurderingerne af løsninger beskrevet i Kapitel 4, herunder topkoterne for løsninger samt anlægsøkonomien præsenteret i kapitel 5.

De enkelte kriterier er vurderet på en relativ skala mellem 1 og 3, hvor 1 er under middel, 2 er middel og 3 er over middel. Der er ikke foretaget vægtning af de enkelte kriterier, og den samlede vurdering skal derfor tolkes med forsigtighed. Politiske mål og økonomiske rammer, samt tekniske forhold og lovmæssige rammer skal indgå mere nuanceret i en kommende diskussion og beslutning om, hvilken form for kystbeskyttelse, der skal implementeres i Gentofte Kommune på de enkelte delstrækninger.

Analyserne viser, at de løsninger, der indeholder strand, kan være betydelig lavere end de løsninger, der kun har højvandsmure. Dette skyldes, at stranden reducerer bølgerne, før de når ind til højvandsmuren. WSP anbefaler, at der i alle tilfælde anlægges en strand som en central del af den fremtidige kystbeskyttelse i Hellerup for at reducere højden af kystbeskyttelsen.

Flere af løsningerne indeholder en højere mur langs nuværende kystbeskyttelse. I en række tilfælde giver det god mening at bygge videre på eksisterende mure forudsat, at der samtidigt anlægges en strand foran. Dette vil formodentligt kunne reducere de samlede anlægsomkostninger.

Når man ser på udviklingen af kystbeskyttelsen på den lange bane, giver det bedst mening at arbejde med overskudsjord og kalkstabiliseret jord kombineret med strand. Disse løsninger kan forhøjes i fremtiden uden større ombygninger.

Højden af disse løsninger kan reduceres ved at anlægge en skråningsbeskyttelse langs toppen af diget for at reducere bølgeoverskyllet. Stenbeskyttelsen vil øge anlægsudgifterne og er i nogle tilfælde mere besværlig at forhøje i fremtiden.

De rekreative værdier af kysten hænger i høj grad sammen med, om det er muligt at færdes langs kysten for kommunens beboere. De løsninger, som indeholder strand, skaber passage langs kysten og tilgodeser således bedst de overordnede rekreative interesser og værdier, jf. hensynene i kystbeskyttelsesloven. Grundejerne i første række har ofte fokus på at bevare udsigten og dermed en interesse i, at kystbeskyttelsen er så lav som muligt. Løsningerne med strand giver de laveste konstruktioner og påvirker således udsigten fra ejendommene langs kysten mindst muligt.

Det centrale spørgsmål er, om kommunen og borgerne ønsker en strand langs nuværende kystlinje. Der kan være grundejere, som har mindre fokus på at reducere højden af den nødvendige kystbeskyttelse end at forhindre offentlig adgang langs kysten.

Alternativt kan kystbeskyttelsen anlægges som en fremskudt barriere med strand foran. Denne løsning kan håndtere grundvand, skybrud og bølgeoverskyl mere effektivt end de løsninger, der placeres langs nuværende kystlinje. Denne løsning er dog den dyreste, men er samtidigt den løsning, der objektivet set scorer højest på de opstillede vurderingskriterier.

I forhold til natur og biodiversitet scorer løsninger med højvandsmure lavest og løsninger, som skaber en lagune, scorer højest. De løsninger, som indeholder strand, giver mulighed for, at der skabes natur over vandet, medens de løsninger, der har sten under vandet, forbedrer den marine natur.

Tabel 6-1 Multikriterieanalyse af kystbeskyttelsesløsninger. De enkelte løsninger er vurderet på en skala fra 1 til 3, hvor 1 er under middel, 2 er middel og 3 er over middel.

		Forhøjelse af eksisterende mure	Forhøjelse af eksisterende mure og strand	Nye mure	Nye mure og strand	Skråningsbeskyttelser	Skråningsbeskyttelser og strand	Diger og strand	Fremskudt barriere med dige og skråningsbeskyttelse	Fremskudt barriere med dige og strand
Kriterie	Beskrivelse	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Udsigt og visuel påvirkning	Konstruktionens højde og visuelle påvirkning på landskabet	2	2	1	3	2	3	3	2	3
Adaptivitet	Fleksibilitet ift. stigende havniveau og fremtidige behov	1	2	1	2	3	3	3	3	3
Rekreativ værdi	Mulighed for rekreative aktiviteter og adgang til kysten	1	3	1	3	1	3	3	2	3
Håndtering af vand bag diget	Håndtering af bølgeoverskyl under stormflod og skybrud mv.	1	1	2	2	1	1	2	3	3
Anlægsøkonomi	Anlægsudgifter og projektets økonomiske realiserbarhed	3	2	3	2	2	2	2	2	1
Bæredygtighed	Brugen af miljøvenlige, genanvendelige og lokalt tilgængelige CO2-besparende materialer	2	1	1	1	2	2	3	2	3
Natur & biodiversitet	Styrkelse af marine og kystnære økosystemer	1	2	1	2	2	2	2	3	3
Samlet uvægtet vurdering		11	13	10	15	13	16	18	17	19

Der er forskel på forholdene langs kysten i Gentofte Kommune. I efterfølgende afsnit beskrives løsningsrummet mere detaljeret for de enkelte delstrækninger.

Det er også muligt at kombinere flere elementer fra de forskellige kystbeskyttelsesløsninger. Det er fx muligt at anlægge en fremskudt barriereø tættere på kysten end skitseret i Type 08 og 09, som er opbygget af overskudsjord og beskyttet med en mindre skråningsbeskyttelse med strand og høfder foran.

I sidste ende skal løsningskatalogets elementer diskuteres igennem for hver enkelt delstrækning og optimeres ud fra interessenternes synspunkter, tekniske forhold, lovmæssige rammer og kommunalbestyrelsens politiske holdninger.

7 KYSTBESKYTTELSESSTRATEGI

7.1 7.2 Kystplanlægning

Indledningsvist skal kommunen og borgerne beslutte, hvilket sikringsniveau, der ønskes og herunder, hvilket vandstandsscenario kystbeskyttelsen skal kunne beskytte mod. WSP anbefaler som minimum en designvandstand på +2,2 m DVR90 svarende til en stormflod med en returperiode på 500 år i 2075.

Det er kompliceret at gennemføre forhøjelse af et samlet kystbeskyttelsesprojekt i fremtiden. Det kan derfor vise sig fordelagtigt at undersøge, hvor højt borgerne kan acceptere, at kystbeskyttelsen er og designe projektet derudfra forudsat, at designvandstanden er højere end minimum på +2,2 m DVR90. Analyserne af de skitserede løsninger viser, at forskellen i pris på at anlægge adaptiv kystbeskyttelse med en levetid på 50 og 100 år, er begrænset.

Under alle omstændigheder er det vigtigt, at kystbeskyttelsen er adaptiv og således kan forhøjes i fremtiden, og at borgerne har forståelse for dette, da havspejlet forventes at stige i fremtiden.

Det anbefales, at kystbeskyttelsen i Gentofte Kommune fremadrettet udformes med samme minimums-beskyttelsesniveau for hele kysten for at sikre en robust og sammenhængende beskyttelse mod stormflod.

Der er forskellige delområder i Gentofte Kommune, som med fordel kan planlægges individuelt. Dvs. visse strækninger kan planlægges separat - selvfølgelig med øje for, at sikringen på sigt skal hænge sammen. For at øge robustheden af stormflodsbeskyttelsen på længere sigt, kan kysten opdeles i sektorer således, at oversvømmelse et sted ikke nødvendigvis medfører oversvømmelse af hele baglandet.

Kysten er naturligt del op i følgende strækninger jf. (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026):

- Tuborg Havn
- Kysten mellem Hellerup Havn og Tuborg Havn - Marievej
- Hellerup Havn
- Hellerup-strækningen
- Charlottenlund Strandpark
- Kystvejen
- Skovshoved Havn
- Bellevue Strand

Dette løsningskatalog indeholder ikke specifikke analyser af forholdene og kystsikringsløsninger ved Tuborg Havn.

Hele Hellerup og strækningen op til Charlottenlund Strandpark bør planlægges samlet set.

Charlottenlund Strandpark kan inkluderes i beskyttelsen af Hellerup, men det anbefales, at man som led i kystsikringsløsningen afgrænser Charlottenlund Strandpark fra Hellerup med et tværdige ved den sydlige del af strandparken for at øge robustheden af beskyttelsen samlet set.

Nord for Charlottenlund Strandpark langs kystvejen er der udfordring med bølgeoverskyl. Dette bør håndteres separat for denne strækning og evt. i sammenhæng med beskyttelse af Skovshoved Havn.

Endelig kan Bellevue Strand planlægges for sig.

I de efterfølgende afsnit er de forskellige strækninger nærmere beskrevet hvad angår løsningsmuligheder.

Der kan generelt være delstrækninger, hvor der implementeres et større beskyttelsesniveau fx på grund af store værdier i baglandet. Det er dog det laveste sikringsniveau inden for hvert delområde, der definerer den samlede beskyttelse af delområdet.

Løsningskataloget (kapitel 4) har belyst en række forskellige typer kystbeskyttelse, som alle er egnede til at beskytte kysten mod stormflod og bølger til samme beskyttelsesniveau. Løsningen med forhøjelse af eksisterende mure har dog et andet beskyttelsesniveau, da topkoten er fastlagt til +3,0m DVR90. Denne topkote er vurderet som den maksimale kote, som nuværende mure kan forhøjes til uden, at murene skal genopbygges fra bunden. Det er samtidigt den højde, som i mange tilfælde er acceptabel i forhold til at bevare udsigten til havet fra haverne.

De skitserede løsninger kan kombineres på mange måder langs kysten afhængigt af lokale interesser og forhold. Det er også muligt at kombinere elementer fra de forskellige løsningstyper.

I næste fase af projektet kan kommunens administration, politikere og borgere inddrages i diskussionen af, hvilken retning der ønskes for den fremtidige kystbeskyttelse i Gentofte Kommune overordnet set og specifikt for de enkelte delstrækninger for at kunne fastlægge den bedste konfiguration af den samlede og sammenhængende kystbeskyttelse i Gentofte Kommune.

Figur 7-1 viser sammenfattende, hvilke kystbeskyttelsesløsninger, der er egnet til de forskellige delstrækninger på langt sigt.



Figur 7-1 Kystbeskyttelsesstrategi på langt sigt

7.2 Tuborg Havn

Der er ikke udarbejdet undersøgelser af mulige løsninger ved Tuborg Havn, som en del af løsningskataloget.

Området ved Tuborg Havn varierer betydeligt i forhold til risiko for oversvømmelse. Der er et relativt højt terræn ved Tuborg Havn ind mod Hellerup, som på kort og mellemlang sigt vil være tilstrækkeligt til at forhindre oversvømmelse af Hellerup gennem området ved Tuborg Havn. Koten af eksisterende terræn vurderes at være omkring +2,4m DVR90. Det vurderes, at eksisterende terræn ved Tuborg Havn således kan beskytte Hellerup mod en stormflod med en returperiode på 500 år i år 2075.

I forbindelse med næste fase af projektet bør grænsen mellem Tuborg Havn og Hellerup undersøges nærmere i forhold til at sikre, at vandet ikke løber ind i Hellerup fra Tuborg Havn.

Nye bygninger i området ved Tuborg Havn bør hæves løbende for at sikre mod fremtidige stormfloder.

7.3 Området ved Marievej

Kysten mellem Hellerup Havn og Tuborg Havn kan i princippet beskyttes med alle foreslåede løsninger. For at reducere påvirkningen af indsejlingen til Hellerup Havn bør fremskudte løsninger tilpasses således, at afstanden mellem nuværende kyst og en fremskudt beskyttelse reduceres i forhold til skitserede løsninger.

7.4 Hellerup Havn

Hellerup Havn er i dag beskyttet med en lav mur rundt langs havnebassinet. Der er en række mobile porte langs muren, som skal lukkes for at beskytte mod stormflod, se Figur 7-2.



Figur 7-2 Eksisterende fremskudt højvandsmur og fremtidig tilbagetrukket kystbeskyttelse ved Hellerup Havn

På sigt anbefales det at anlægge en tilbagetrukket beskyttelse bag om Hellerup Havn i form af dige, terrænreguleringer og/eller mure. Det anbefales, at den fremtidige løsning ikke indeholder mobile porte for at øge robustheden af kystbeskyttelsen.

7.5 Området ved Onsgårdsvej

Kysten ved Onsgårdsvej er i dag beskyttet af en bred strand og en lav klit.

Det anbefales, at der anlægges et nyt dige eller en mur ved Onsgårdsvej for at beskytte mod oversvømmelse af baglandet.

7.6 Området ved Richelieus Allé

Området mellem Onsgårdsvej og Charlottenlund Strandpark er overordnet set beskyttet af mure.

Kysten i Hellerup kan beskyttes af alle typer løsninger beskrevet i løsningskataloget.

Eksisterende mure kan med fordel forhøjes, hvilket kan beskytte mod stormflod op til omkring ca. +3,0 m DVR90. Mure alene vil dog ikke være en god løsning i forhold til at beskytte mod bølgeoverskyl.

Højden af kystbeskyttelsen kan reduceres betydeligt ved at anlægge en strand foran, som reducerer bølgerne. Stranden vil samtidig give god rekreativ værdi vurderet ud fra hensynene i kystbeskyttelsesloven, men kan eventuelt give indbliksgener fra gående på stranden til de kystnære ejendomme.

I tilfælde af det ikke kan accepteres at anlægge stranden langs eksisterende mure, kan der anlægges en fremskudt barriereø.

Stranden skal i alle tilfælde stabiliseres med et mindre antal høfder evt. kombineret med strandøer.

Kystbeskyttelsen bør i størst muligt omfang opbygges af bæredygtige materialer, og det skal sikres, at løsningen er adaptiv, for at beskyttelsen kan forhøjes på lang sigt.

7.7 Området ved Charlottenlund Strandpark

Charlottenlund Strandpark har stor rekreativ værdi for hele området. Området ligger dog lavt, og der er risiko for, at Hellerup bliver oversvømmet nord fra gennem strandparken.

Eksisterende terræn mellem Charlottenlund Strandpark og Strandlund ligger omkring +1,8 m DVR90. Det anbefales, at terrænet hæves i et bånd fx som et dige i den sydlige del af strandparken op mod Strandlund for at reducere risikoen for oversvømmelse af Hellerup fra nord, se Figur 7-3.

Det anbefales at forbedre stranden i Charlottenlund Strandpark for at øge den rekreative værdi af parken. Strandfodringen kan kombineres med anlæggelse af et dige af overskudsjord eller kalkstabiliseret overskudsjord indbygget i den bagerste del af klitten.

Stranden skal stabiliseres med et mindre antal høfder evt. kombineret med strandøer.



Figur 7-3 Linjeføringer af terrænførhøjelse i sydlig ende af Charlottenlund Strandpark

7.8 Kystvejen

Der er i dag udfordringer med bølgeoverskyl, som skaber oversvømmelse af baglandet langs kystvejen. Vejen er beskyttet med en mur af natursten mod havet.

Der kan anlægges en skråningsbeskyttelse foran muren langs kystvejen for at reducere bølgeoverskyllet. Der er forholdsvis dybt foran muren, og udgifterne til en skråningsbeskyttelse er derfor betydelige.

Alternativt kan der anlægges en mindre mur eller dige på landsiden af Kystvejen de steder, der er udfordringer med bølgeoverskyl. Udstrækningen af problemet er ikke kortlagt i dette projekt.

I denne løsning skal det sikres, at bølgeoverskyl kan ledes væk fra kystvejen på en kontrolleret måde for at undgå skader som følge af udstrømmende vand.

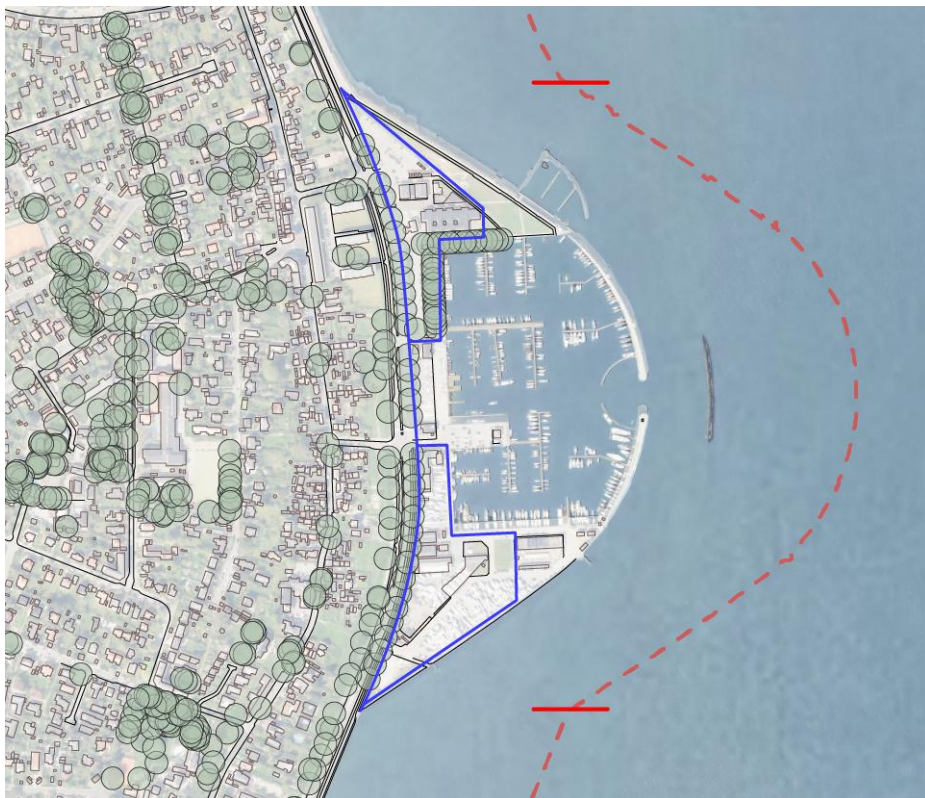
7.9 Skovshoved Havn

Skovshoved Havn kan beskyttes mod stormflod med en mur eller et dige foran eksisterende bygninger i tilfælde af, at der er behov for at øge beskyttelsesniveauet.

Alternativt kan baglandet beskyttes med en mur eller et dige bagved havnen på den ene eller den anden side af kystvejen.

Der skal tages højde for de veje, som krydser beskyttelseslinjen, og det kan i den forbindelse være nødvendigt at anlægge ramper.

Det er også en mulighed, at der anlægges dobbelt beskyttelse ved Skovshoved Havn i tilfælde af, at det bliver nødvendigt at introducere mobile porte på Skovshoved Havn. Således kommer begge beskyttelseslinjer i spil samtidigt.



Figur 7-4 Fremtidige mulige linjeføringer af stormflodsbeskyttelse ved Skovshoved Havn

7.10 Bellevue Strand

Baglandet er højt ved Bellevue Strand, og der er således ikke risiko for oversvømmelse af baglandet ud over de lokale badefaciliteter.

Bellevue Strand kan hæves med strandfodring i takt med havspejlsstigningen. På sigt kan det blive nødvendigt at hæve høfderne med et nyt promenadedæk. Dette kan kombineres med fremtidig vedligeholdelse af anlægget.

8 KYSTBESKYTTELSESTILTAG PÅ KORT SIGT

Figur 8-1 viser en oversigt over de steder, der er størst risiko for oversvømmelse af baglandet på kort sigt inden for 0 til 5 år.

Strandklitten ved Onsgårdsvej er lav og akut erosion i forbindelse med en stormflod kan medføre, at baglandet oversvømmes. I tilfælde af, at der går hul på klitten, kan der ske store ødelæggelser i baglandet som følge af indstrømmende vand, som vil skabe en stor kanal, der vil kunne oversvømme store arealer i Hellerup og beskadige bagvedliggende huse. Det anbefales, at der anlægges en mur eller et dige ved Onsgårdsvej for at forhindre, at klitten gennembrydes ved ekstrem stormflod.

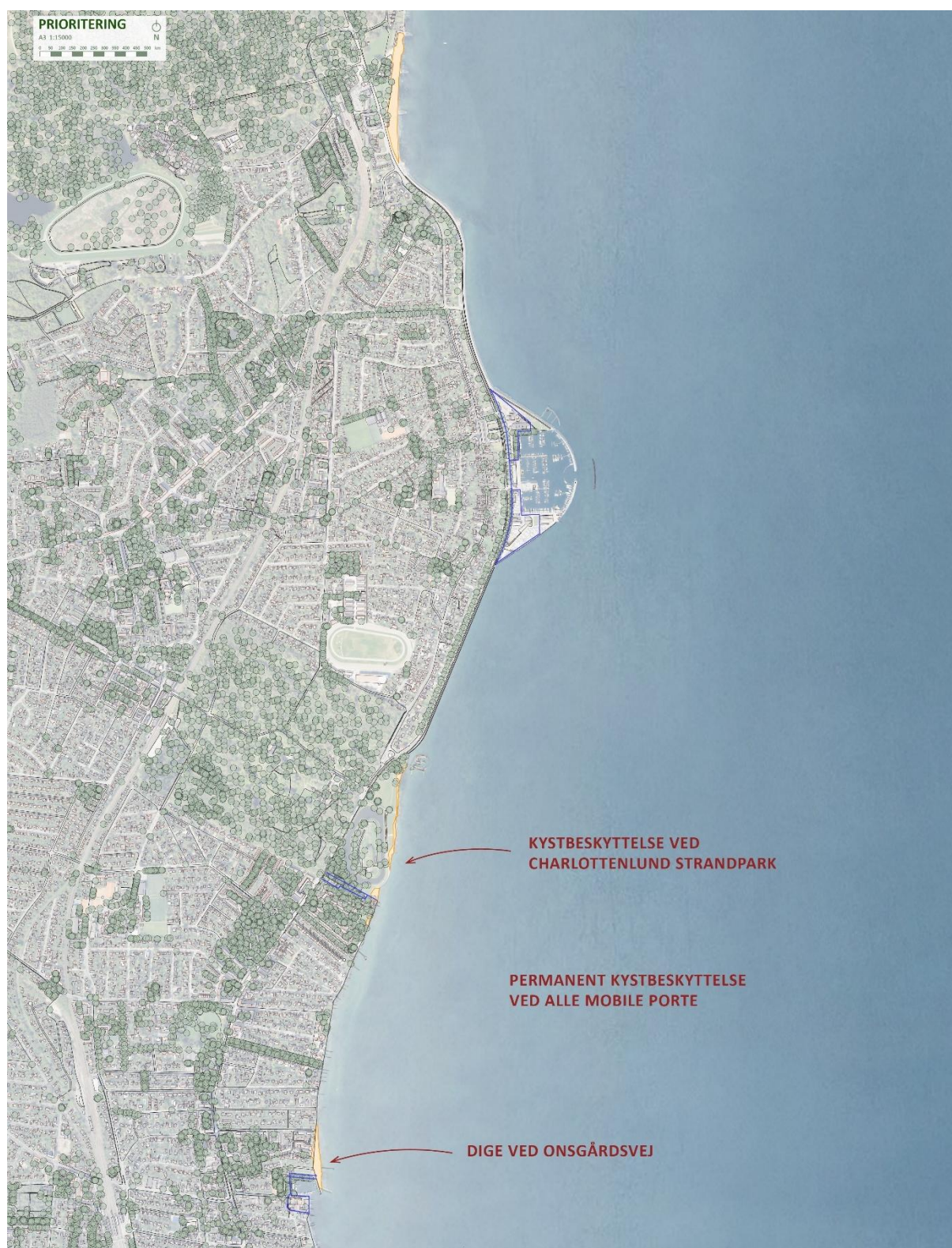
Der er risiko for, at en eller flere af de mobile porte eller skotter langs kyststrækningen i Hellerup ikke lukkes af den ene eller anden grund. I så tilfælde kan der ske oversvømmelse af baglandet, og kystbeskyttelsen kan blive beskadiget som følge af strømmende vand. Det anbefales, at nuværende mobile porte udfases og erstattes af mere robuste og permanente løsninger.

Terrænet ved Charlottenlund Strandpark er forholdsvis lavt. Der er risiko for oversvømmelse af Hellerup i tilfælde af stormflod, hvor vandet strømmer fra Charlottenlund Strandpark ind mod Strandlund. Koten af nuværende terræn er ca. +1,8 m DVR90 langs den nedre del af vejen Strandlund. Det anbefales derfor, at terrænet hæves i den sydlige del af Strandparken ind mod Strandlund.

Der er mange lave mure i Hellerup-området og ved Hellerup Havn, som medfører, at kystbeskyttelsen er sårbar overfor stormflod og bølgeoverskyl.

Charlottenlund Strandpark ligger lavt, og der er således risiko for oversvømmelse af parken. Der er desuden problemer med bølgeoverskyl langs Kystvejen op til Bellevue Strand.

Det anbefales derfor, at Gentofte Kommune udarbejder en samlet plan for kystbeskyttelsen, som omfatter kystbeskyttelse både med kort og langt sigte.



Figur 8-1 Kystbeskyttelsesstrategi på kort sigt

9 TIDS- OG PROCESPLAN

Stormfloden Bodil 6. december 2013 medførte en vandstand på +1,72 m DVR90 i Københavns Havn og tilsvarende langs kysten i Gentofte Kommune.

Det var meget tæt på, at nuværende kystbeskyttelse blev overskyllet, hvilket ville have haft katastrofale følger for Hellerup, hvor store områder kunne være blevet oversvømmet. Analyserne viser, at nuværende kystbeskyttelse er svag og lav, og at konstruktionerne ikke kan beskytte mod bølgeoverskyl i forbindelse med selv mindre stormfloder.

Havspejlet stiger allerede nu og vil fortsætte med at stige med stadig større hastighed i de kommende årtier.

WSP anbefaler derfor, at Gentofte Kommune igangsætter et kommunalt fællesprojekt for kystbeskyttelse af hele Gentofte Kommune, hvor der udvikles og anlægges en samlet kystbeskyttelse, som er optimeret til hver enkelt delstrækning. Figur 9-1 viser et samlet processkema for kommunale fællesprojekter jf. Kapitel 1 a i kystbeskyttelsesloven, se Bilag 1 (WSP, Kystteknisk Undersøgelse, 2026).

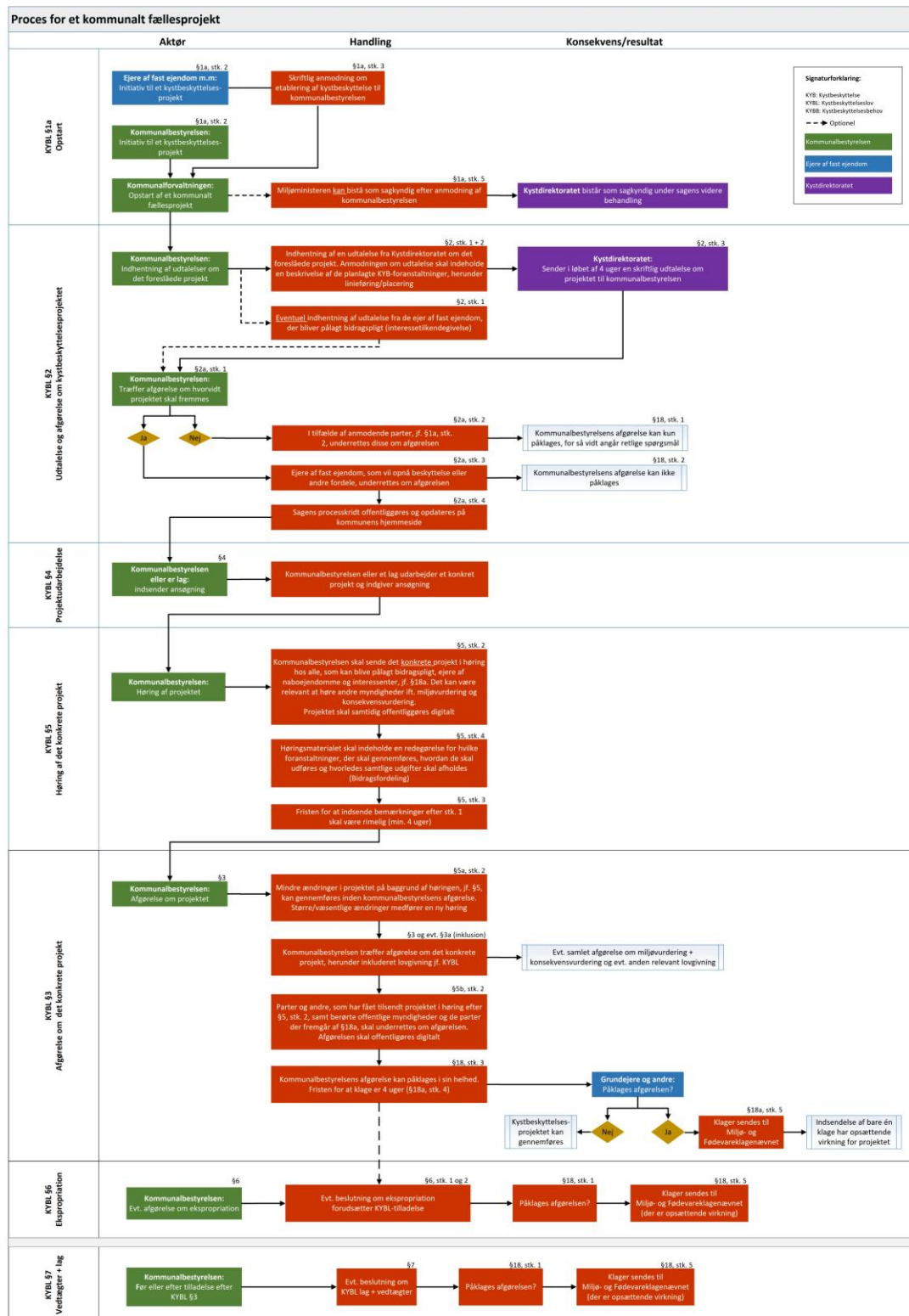
Der er en række trin i gennemførelsen af et kommunalt fællesprojekt, som skal planlægges i detaljer, og som naturligt ligger i forlængelse af den indledende beslutning om, i hvilken retning Gentofte Kommune ønsker at udvikle beskyttelsen.

WSP anbefaler, at planlægningen af et kommunalt fællesprojekt for kystbeskyttelse i kommunen påbegyndes allerede i 2026 og anlægges hurtigst muligt.

Planlægning 2026-2030:

- Akutte indsatser (se afsnit 8)
- Fortsætte nuværende strategi med forhøjelse af mure ud fra gældende administrationsgrundlag
- Planlægning af kommunalt fællesprojekt for langsigtet adaptiv kystbeskyttelse og herunder, borgerdialog, modning, beslutningsproces om løsninger, udarbejdelse af løsningsforslag, høring ved Kystdirektoratet, myndighedsprojekt, bidragsfordeling, detailprojektering og udbud, se Figur 9-1

Gennemførelse 2031-2035: Anlæg af langsigtet adaptiv kystbeskyttelse i Gentofte Kommune



Figur 9-1 Processkema for kommunale fællesprojekter
 (Kystdirektoratet, Kommune med kystansvar - Modul 2 - Kommunale fællesprojekter, 2023)

10 REFERENCER

- COWI. (2017). *Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod*. COWI for Realdania.
- Dataforsyningen. (14. 05 2025). *Forårsbilleder Ortofoto - GeoDanmark*. Hentet fra <https://dataforsyningen.dk/data/981#terms>
- DMI. (1999). *Observeret vindhastighed og -retning i Danmark - med klimanormaler 1961-90*.
- DMI. (2018). *Vedledning i anvendelse af udledningsscenarie*. DMI i samarbejde med MST.
- DMI. (2025). Hentet fra Hellerup Havn tidevandstabel: https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Bruger_upload/Tidevand/2025/HellerupHavn.pdf
- EurOtop. (2018). *Manual on wave overtopping of sea defences and related structures*. Second edition.
- Geodatastyrelsen. (2025). *Den danske havnelods*.
- GEUS. (2025). *GEUS' Jupiter-database*. Hentet fra Jordartskort: https://data.geus.dk/geusmap/?mapname=jupiter#baslay=baseMapDa&optlay=&extent=712899.7274981485,6177856.418619497,733614.1827346344,6188061.971356301&layers=jordarts kort_25000
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Karsten Mangor, N. D. (2017). *Shoreline management guidelines*. DHI.
- Klimatilpasning. (21. February 2025). *Klimatilpasning.dk*. Hentet fra Ny vejledning i anvendelse af udledningsscenarier til klimatilpasning: <https://klimatilpasning.dk/nyheder/2025/januar/ny-vejledning-i-anvendelse-af-udledningsscenarier-til-af-klimatilpasning>
- Klimaatlas. (2025). *Klimaatlas*. Hentet fra <https://www.dmi.dk/klima-atlas/data-i-klimaatlas>
- Knudsen, P., Abbas Khan, S., Engsager, K. S., & Sorensen, C. (2016). *An uplift model for Denmark - and work ahead*.
- Kystdirektoratet. (2018). *Vejledning om kystbeksyttelsesmetoder*.
- Kystdirektoratet. (2023). *Kommune med kystansvar - Modul 2 - Kommunale fællesprojekter*. Miljøministeriet.
- Kystdirektoratet. (2024). *Højvandsstatistikker*. Kystdirektoratet, Miljøministeriet.
- Kystdirektoratet. (2025). *Kystatlas*.
- Kystdirektoratet/DMI. (2024). *Delundersøgelse af sikringsniveau for stormflodssikring af København*. Kystdirektoratet med bidrag fra DMI.
- NASA. (2022). *Tracking 30 Years of Sea Level Rise*. Nasa.
- Realdania, C. (2017). *Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod*.
- U.S._Army_Corps_of_Engineers. (2012). *Coastal Engineering Manual*.
- WSP. (2022). *The Danish substrate classification method*.
- WSP. (2024). *Havmiljøets tilstand langs Gentofte Kommunes kyst*.



WSP. (2025). *Kystteknisk skitseforslag for strandpark ved Charlottenlund Fort*. Gentofte Kommune.

WSP. (2025). *Skitseprojekt for kystbeskyttelse ved Onsgårdsvej*. Gentofte Kommune.

WSP. (2025). *Skitseprojekt for kystbeskyttelse ved Onsgårdsvej 39*. Gentofte Kommune.

WSP. (2025). *Vurdering af opbygning og placering af kystnære stenrev*. Gentofte Kommune.

WSP. (2026). *Kystteknisk Undersøgelse*. Gentofte Kommune.